

SÉRIE A, n° 50

N° D'ORDRE : 57

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

PAR

Ezio LUGARESI

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES MORPHOLOGIQUES, ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES SUR LE NÉFLIER DU JAPON (*Eriobotrya japonica*).

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 28 Juin 1910, devant la Commission d'Examen

MM. G. BONNIER, *Président.*

CHATIN,

VÉLAIN,

} *Examineurs.*

PARIS

JOUVE ET C^{ie}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1910

SÉRIE A, N° 50

N° D'ORDRE : 57

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

PAR

Ezio LUGARESI

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES MORPHOLOGIQUES, ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES SUR LE NÉFLIER DU JAPON (*Eriobotrya japonica*).

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 28 Juin 1910, devant la Commission d'Examen

MM. G. BONNIER, *Président.*
CHATIN, } *Examineurs.*
VÉLAIN, }

PARIS

JOUVE ET C^{ie}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1910



UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES

MM.

DOYEN P. APPELL, *Professeur*. Mécanique rationnelle.
 DOYEN HONORAIRE G. DARBOUX, *Professeur*. Géométrie supérieure.

PROFESSEURS } L. TROOST.
 HONORAIRES } Ch. WOLF.
 J. RIBAN.

	LIPPMANN . . .	Physique.
	BOUTY	Physique.
	BOUSSINESQ .	Phys. mathém. et Calcul des probabilités.
	PICARD. . . .	Analyse supérieure et Algèbre supérieure.
	H. POINCARÉ .	Astronomie mathémat. et mécan. céleste.
	Y. DELAGE . .	Zoologie, anatomie, physiol. comparée.
	G. BONNIER .	Botanique.
	DASTRE	Physiologie.
	KENIGS. . . .	Mécanique physique et expérimentale.
	VÉLAIN. . . .	Géographie physique.
	GOURSAT. . .	Calcul différentiel et Calcul intégral.
	CHATIN. . . .	Histologie.
	HALLER. . . .	Chimie organique.
	JOANNIS. . . .	Chimie (Enseignement P. C. N.).
PROFESSEURS	JANET	Physique.
	WALLERANT .	Minéralogie.
	ANDOYER. . .	Astronomie physique.
	PAINLEVÉ. . .	Mathématiques générales.
	HAUG	Géologie.
	TANNERY . .	Calcul différentiel et Calcul intégral.
	HOUSSAY . .	Zoologie.
	H.LE CHATELIER	Chimie.
	Gab.BERTRAND	Chimie biologique.
	M ^{me} P. CURIE.	Physique générale.
	CAULLERY . .	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
	C. CHABRIÉ. .	Chimie appliquée.
	G. URBAIN . .	Chimie.
	BOREL. . . .	Théorie des fonctions.
	MARCHIS . .	Aviation.
	Jean PERRIN .	Chimie physique.
	N	Application de l'Analyse à la Géométrie.
	N.	Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
	PUISEUX . . .	Mécanique et astronomie.
	LEDUC	Physique.
	MATRUCHOT .	Botanique.
	MICHEL . . .	Minéralogie.
PROFESSEURS	G. PRUVOT. . .	Anatomie comparée.
ADJOINTS.	HÉROUARD . .	Zoologie.
	Léon BERTRAND	Géologie.
	R. PERRIER.	Zoologie (Enseignement P. C. N.).
	MOLLIARD. . .	Physiologie végétale.
	COTTON. . . .	Physique.
SECRÉTAIRE .	A. GUILLET.	

A

M. GASTON BONNIER

Membre de l'Institut
Professeur à la Sorbonne

Témoignage de respectueuse reconnaissance.

A

MON PÈRE

Hommage de profonde affection.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

RECHERCHES
Morphologiques, Anatomiques, Physiologiques
SUR LE
NÉFLIER DU JAPON
(*Eriobotrya japonica*)
PAR
EZIO LUGARESÌ

INTRODUCTION

Divers botanistes se sont occupés de l'étude du néflier du Japon. Certains ont étudié à son sujet des questions purement scientifiques : l'acide cyanhydrique contenu dans les graines, le développement du sac embryonnaire et du nucelle, les téguments et les cotylédons de la graine, et en particulier le verdissement de ces cotylédons, etc. D'autres se sont occupés d'applications diverses : la fructification de cette plante et sa culture, sa propagation en Algérie au point de vue apicole, etc. Le phénomène que présente le néflier du Japon, d'avoir des cotylédons qui verdissent à l'intérieur même du fruit, a attiré mon attention. Je me suis

appliqué à préciser les causes et les conditions de ce verdissement, puis j'ai été amené à me poser diverses questions que je m'efforce de résoudre dans ce travail.

Après un bref exposé historique je traiterai le sujet dans l'ordre suivant :

CHAPITRE I

Morphologie externe	{	1. Fruits.	
		2. Graines	{ a) Caractères généraux. b) Hétérocotylie. c) Tricotylie. d) Tétracotylie.
		3. Détermination de la fréquence relative des fruits monospermes et polyspermes.	

CHAPITRE II

Anatomie	{	1. Pédoncule du fruit et fruit.
		2. Graine et ses téguments.
		3. Jeunes plantes issues de germination.

CHAPITRE III

Physiologie	{	1. Influence de la lumière sur le verdissement des graines du Néflier du Japon.
		2. Perméabilité du péricarpe aux rayons lumineux.
		3. Mesure de l'intensité lumineuse à l'intérieur du fruit.
		4. Propriétés spectroscopiques du pigment vert formé dans les graines.
		5. Propriétés physiologiques (assimilatrices) de ce pigment.

Ce travail a été fait au laboratoire de biologie végétale de Fontainebleau et au laboratoire de botanique de la Sorbonne. Je désire particulièrement exprimer ma gratitude et mes vifs remerciements à M. Gaston Bonnier, directeur de ces

deux laboratoires, pour les encouragements et les précieux conseils qu'il m'a prodigués.

J'adresse également à M. Dufour, directeur adjoint du laboratoire de Fontainebleau, l'expression de ma plus vive reconnaissance pour ses excellents conseils. Qu'il me soit aussi permis d'exprimer ici mes remerciements cordiaux et ma sympathie à M. Combes, préparateur à la Faculté des Sciences, pour la complaisance avec laquelle il m'a toujours donné les indications nécessaires.

Je tiens à remercier aussi M. le Dr Guiseppe Drago, de Catane, et M. Lorenzo Mazzotti, Œnologiste de Castiglione di Cervia (Italie) pour les matériaux qu'ils ont eu l'amabilité de mettre à ma disposition, et M. Giovanni Monza, de Lugano pour la confection des dessins originaux qui sont insérés dans ce travail.

HISTORIQUE

Théophraste (1) le premier l'a nommé Μέσπιλος

Le nom de *Mespilus* lui a été donné par Pline ; l'espèce décrite par ces auteurs est sans doute le *Mespilus germanica* ; Césalpin (2) 1583), et Tournefort (3) (1700) décrivent plusieurs espèces.

Le nom de *Mespilus* a été diversement appliqué aux espèces des genres : *Viburnum* (Caprifoliacées) *Crataegus* (genre voisin du *Mespilus*).

Linné (4) (1753) distingue neuf espèces de *Crataegus*, y comprenant plusieurs *Mespilus*. C'est Thunberg (5) (1784) qui a décrit le *Mespilus japonica* (du Japon) sujet de ce travail. Lindlez (6) (1821) a proposé de séparer le genre *Eriobotrya* du genre *Mespilus*.

Plus tard Guillard (7) (1847) a étudié la moelle

-
1. Théophraste, *De Historia Plantarum*.
 2. Césalpin, *De plantis libris*, 1583.
 3. Tournefort, *Institutione rei herbaria*. Paris 1700.
 4. Linné, *Species plantarum*, 1753. Stockholm.
 5. Thunberg, *Flora Japonica*, 1784. p. 206.
 6. Lindlez, *Tran. Linnean. Society Eriobotrya*, 1821.
 7. Guillard, *Sur la Moelle des Plantes ligneuses* (*Ann. Sc. Nat.*, p. 324, 1847).

d'une jeune branche, de la feuille et de la base du pétiole MM. Girand (1) et Desportes (2) (1866) se sont occupés : le premier de la culture, le second de la fructification, M. Balland (3) (1876) de l'acide cyanhydrique contenu dans les graines, et M. Jaillard (1876) a confirmé que le noyau de la Nèfle du Japon contient le même corps.

Un peu plus tard M. Certreux (4) (1878) a décrit le Néflier du Japon au point de vue apicole, il a ajouté qu'il a été amélioré en Algérie grâce à la culture et au climat. M. Guignard (5) (1882) a étudié le développement du nucelle de l'*Eriobotrya japonica* et Eymard (6) (1890) a fait l'examen chimique de la sève. M. Lutz (7) (1897) s'est occupé lui aussi de l'acide cyanhydrique contenu dans les graines. Enfin M. Péchoutre (8) (1902) a décrit l'ovaire et l'ovule adulte, et MM. Lopriore (9) et

1. Girand, *Culture du Néflier du Japon* (Rev. Hort., p. 389, 1866).

2. Desportes, *Fructification* (Rev. Hort., p. 335, 1866).

3. Balland, *Acide cyanhydrique dans les semences du Néflier du Japon* (Journal Phar. Chim., p. 334, 1876).

4. Certreux, *Le Néflier du Japon*. Alger 1878.

5. Guignard, *Recherches sur le sac embryonnaire des Angiospermes* (Ann. Sc. Nat., 1882).

6. Eymard, *Examen chimique de la Sève* (Journ. Ph. Chim., p. 192, 1890).

7. Lutz, *Acide cyanhydrique dans les graines de la Nèfle du Japon* (Bull. Soc. bot. France, 1897).

8. Péchoutre, *Contribution à l'étude du développement de l'ovule et de la graine des rosacées* (Ann. Sc. Nat., 1902).

9. Lopriore, *Atti dell' Accademia Gioenia di Scienze Naturali* (série 5, vol. 1).

Ernst (1) ont étudié la morphologie et l'anatomie des cotylédons envisageant la question du pigment vert dans les graines.

1. Ernst, *Das Ergrünen der Samen von Eriobotrya japonica* (*Botanisches Centralblatt*, 1905).

CHAPITRE PREMIER

MORPHOLOGIE EXTERNE

1. — FRUITS

Comme on le sait, le fruit d'*Eriobotrya japonica* est constitué par une drupe contenant de une à dix graines, le plus souvent de une à quatre (1). Les fruits, d'abord verts et très tomenteux prennent à mesure que la maturation avance, une belle couleur jaune. La couleur verte et le tomentum disparaissent progressivement, demeurant un peu plus longtemps près du pédoncule et au sommet du fruit, autour du calice persistant.

Ces fruits sont de formes assez variées, tantôt sphériques, tantôt ovales, ou légèrement piri-formes, avec des formes intermédiaires.

Le fruit offre une dorsiventralité très nette, présentant sa face dorsale, la plus bombée, à l'extérieur et sa face ventrale à l'intérieur, c'est-à-dire

1. M. Certeux parle de une à cinq graines : *Le Néflier du Japon* (1878).

vers l'axe d'inflorescence. La face dorsale peut ne pas toujours être tournée vers l'extérieur, par suite de l'inclinaison de la branche qui porte le fruit ou de toute autre cause accidentelle, mais on peut cependant la reconnaître à ce qu'elle est plus brillante, plus jaune et privée de duvet.

Une relation assez constante existe entre la dorsiventralité du fruit et la disposition des graines.

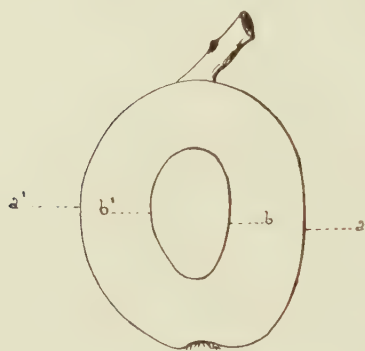


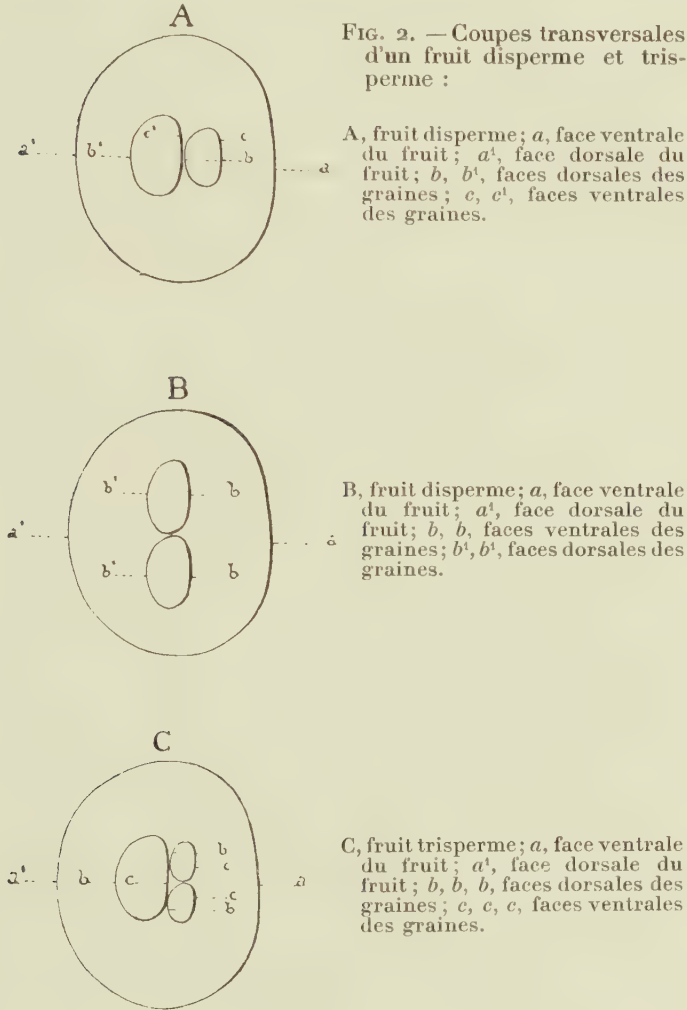
FIG. 1. — Coupe longitudinale d'un fruit monosperme.

a, face ventrale du fruit ; *a'*, face dorsale du fruit ; *b*, face ventrale de la graine ; *b'* face dorsale de la graine.

Dans les fruits monospermes la graine est nettement dorsiventrale et tourne respectivement sa face dorsale et sa face ventrale vers les faces correspondantes du fruit (Fig. 1).

Dans les fruits disperses la disposition des deux graines peut être dorsiventrale de deux façons différentes : 1° quand les deux graines sont inégales, la plus grosse est du côté dorsal et la plus petite du côté ventral placée dans une sorte de niche qu'entame la grosse graine (Fig. 2 A) ; 2° Quand les graines sont d'égale grandeur, elles sont disposées symétriquement par rapport au plan de symétrie du fruit, chacune tournant sa face convexe du côté de la face la plus bombée du fruit (Fig. 2 B).

Dans les fruits à trois graines, l'une d'entre elles est placée ordinairement vers la face dorsale du



fruit et acquiert un développement plus grand que les deux autres, qui ont une position symétrique et sont placées vers la face ventrale du fruit (fig. 2 C).

Dans les fruits ayant plus de trois graines, le rapport de position réciproque des graines n'est pas facilement reconnaissable. En général on y observe que du côté dorsal se trouve une graine qui est plus développée que les autres.

L'exocarpe est représenté par une mince pelticule portant du duvet, surtout à la face ventrale du fruit, et adhérant fortement au mésocarpe ; sa couleur varie avec l'état de maturation du fruit, comme je l'ai dit un peu plus haut.

Le mésocarpe est limité à l'intérieur par un mince endocarpe membraneux et blanc qui, le long de l'axe du fruit, présente un cordon de faisceaux libéro-ligneux couleur de rouille, qui est deux fois plus épais le long des parois radiales des graines.

Généralement les fruits tombent pendant l'hiver ; cependant quelquefois ils se dessèchent et restent sur l'arbre jusqu'au printemps. M. Lopriore (1) signale que si, dans une culture de Citronniers maintenus au sec pendant l'été et arrosés ensuite abondamment, se trouvent quelques néfliers, l'influence soudaine de l'eau peut provoquer la formation de quelques inflorescences peu fournies et par suite la production d'un petit nombre de fruits. Mais en général ces fruits sont mal constitués et n'arrivent pas à maturité.

1. M. Lopriore, *Atti dell'Accademia Gioenia di scienze naturali in Catania* (S. 5, vol. I, 1905).

2. — GRAINES

a) **Caractères généraux.** — A la dorsiventralité du fruit correspond la dorsiventralité des graines plus accentuée chez ces dernières que dans le fruit lui-même.

Quelle que soit sa forme, la graine se termine constamment à sa partie inférieure par une sorte de calotte délimitée par un sillon extérieur plus ou moins profond et se distinguant plus facilement encore par sa couleur d'un vert intense. Cette région presque hémisphérique de la graine peut être désignée sous le nom de *calotte basilaire*. La hauteur de la calotte basilaire est environ du tiers ou du quart de la hauteur totale de la graine (Fig. 3).

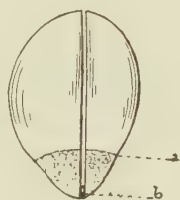


FIG. 3. — Graine d'un fruit monosperme dépouillé de son tégument pour montrer la calotte basilaire verdie :

a, sillon délimitant la calotte basilaire; b, gemmule.

Le sillon de délimitation de la calotte est plus profond et plus visible sur la face dorsale que sur la face ventrale. Une différence se manifeste également pour la couleur verte qui est plus intense du côté dorsal de la graine et souvent visible à travers les téguments bruns, plus clairs et plus minces en cette région.

Les graines des fruits monospermes présentent une forme sphérique ou presque cylindrique avec

les extrémités arrondies. Leurs téguments, d'une couleur de café foncé, sont semés çà et là de points et de raies de couleur plus claire confluentes entre eux dans le sens de la longueur de la graine ; ces raies ressemblent à celles qui se trouvent sur les graines de ricin et ressortent sur le fond obscur comme des paillettes de cuivre.

Les graines des fruits dispermes présentent une face dorsale bombée et une face ventrale complètement et absolument plate ; ici les stries tendent à prendre la forme de courbes concentriques, divergeant de la cicatrice ombilicale.

Les graines des fruits trispermes ont une forme se rapprochant de celle d'une prisme triangulaire dont la face dorsale présenterait une surface courbée.

Quand les graines sont encore plus nombreuses dans le fruit, elles présentent tous les caractères extérieurs qu'elles ont quand elles sont au nombre de trois, en les accentuant encore. Les graines de ces derniers fruits n'atteignent pas toutes la même grandeur ; à la base du fruit il y a souvent une ou plusieurs graines avortées, réduites presque à leur tégument.

Un fait commun à toutes les graines est que les cotylédons noircissent avec le temps et se séparent du tégument ; quelquefois un seul cotylédon vient à noircir, tandis que l'autre reste turgide et blanc.

Le poids d'une graine isolée est d'autant plus

grand que le fruit en contient un plus petit nombre. Ainsi l'examen des graines de près de onze cents fruits m'a fourni le résultat suivant :

Fruit contenant			Poids moyen d'une graine	
	1 graine		2 gr.	24
—	2	—	1	68
—	3	—	1	49
—	4	—	1	06
—	5	—	0	84
—	6	—	0	72
—	7	—	0	65
—	8	—	0	59
—	9	—	0	51
—	10	—	0	43

b) **Hétérocotylie.** — L'hétérocotylie peut se rencontrer aussi bien dans les graines des fruits monospermes que dans les graines des fruits polyspermes. Les deux cotylédons sont généralement de taille inégale ; ils présentent aussi, le plus souvent, quelque différence dans leur aspect, et dans leur développement. Le développement inégal des deux cotylédons amène souvent le tiraillement et la rupture des téguments à l'intérieur du fruit et par suite, une partie plus ou moins grande de la surface des cotylédons reste entièrement découverte.

L'hétérocotylie se rencontre souvent et peut même aller jusqu'à la monocotylie presque complète.

En fait un cotylédon peut se réduire à une

espèce de calotte en forme de lentille, ou de coin qui s'encastre dans l'autre cotylédon, ou enfin prend la forme d'une petite corne.

En général le petit cotylédon se trouve ou sur la face ventrale, ou sur la dorsale, et rarement à la base de la graine ; dans ce dernier cas le petit cotylédon présente la forme d'une calotte et sa couleur, comme du reste dans tous les autres cas, est d'un vert plus intense que celle de la calotte basilaire elle-même.

Enfin on peut rencontrer un renversement complet de la gemmule qui se trouve alors au sommet au lieu de se trouver à la base ; néanmoins la base organique de la graine prend comme d'ordinaire la forme d'une calotte, comme je l'ai indiqué plus haut.

c) **Tricotylie.** — Un fait digne d'une mention particulière est la tricotylie. C'est dans les fruits dispersmes que le fait est le plus fréquent. Ainsi sur 100 graines à trois cotylédons, un cinquième se rencontre chez les fruits à deux graines, un sixième chez ceux à une seule, un septième chez ceux à trois et le reste dans les fruits qui présentent un nombre de graines plus considérable.

D'après le nombre de fruits que j'ai examinés je puis dire qu'il y a environ 3 o/o de graines à trois cotylédons. Cette proportion est plus grande dans les fruits qui mûrissent tardivement, où elle atteint jusqu'au 9 o/o. Dans ces derniers fruits il s'agit plutôt d'une tricotylie imparfaite, c'est-à-

dire qu'au lieu de trois cotylédons il n'en existe que deux, l'un entier, et l'autre presque complètement divisé en deux.

d) **Tétracotylie.** — La tétracotylie est très rare ; les graines présentent une dimension d'une grandeur insolite, et l'on pourrait croire qu'elles résultent de l'union des deux graines, mais cette hypothèse est inexacte car il n'y a jamais qu'un seul embryon.

Dans les cas où les quatre cotylédons sont sensiblement égaux, tantôt il y en a un dorsal, l'autre ventral et deux latéraux ; tantôt deux cotylédons sont nettement dorsaux et les deux autres ventraux.

Dans le cas extrême, une moitié longitudinale de la graine est occupée par un seul cotylédon et l'autre moitié par les trois autres de forme irrégulière étroitement serrés entre eux.

Un cas particulier de tétracotylie mérite d'être brièvement décrit. Une des graines d'un fruit disperme apparaissait comme formée de deux autres graines, dont la plus petite était appuyée sur le côté et en bas de la plus grande ; mais tandis que cette dernière présentait deux cotylédons, l'un dorsal, l'autre ventral, l'autre les présentait superposés l'un à l'autre.

La question qui se posait par suite de la forme étrange de cette graine était de savoir si elle se composait de plusieurs embryons.

Je l'ai mise à germer, et la germination s'est

produite d'une façon normale par le développement d'une seule radicule et d'une seule gemmule, située entre les deux grands cotylédons.

Il n'y avait donc dans le cas décrit qu'une graine unique à quatre cotylédons fortement inégaux.

Un plus grand degré de polycotylie se rencontre très rarement et pour cette raison il ne présente pas grand intérêt et ne peut donner lieu à des considérations d'ordre général.

Je n'ai observé de graines à cinq et à six cotylédons qu'une seule fois pour chacun de ces types. Dans les deux cas il y avait deux grands cotylédons et trois ou quatre cotylédons plus petits réduits à des sortes de tubercules insérées autour de la gemmule.

J'ajouterai que j'ai constaté également un cas de graine à sept cotylédons. Cette graine avait une forme très particulière, elle était fortement aplatie perpendiculairement à l'axe du fruit.

Comme dans tous ces derniers cas, les cotylédons paraissent avoir une individualité complète et n'ont pas pour origine la division de l'un d'eux en plusieurs parties, il est vraisemblable qu'ils se forment non pas successivement mais simultanément dans la graine.

3 — . DÉTERMINATION DE LA FRÉQUENCE RELATIVE DES FRUITS MONOSPERMES ET POLYSPERMES

Pour avoir une idée suffisamment exacte de la fréquence relative des divers degrés de polyspermie des fruits, il est nécessaire de faire porter l'expérience sur un très grand nombre. J'ai opéré sur vingt lots, de chacun un kilogramme de fruits et j'ai compté le nombre de graines qu'il y avait dans chacun de ces fruits. Je n'ai pas tenu compte des graines avortées et réduites presque à leur tégument.

Le tableau ci-contre donne les résultats obtenus.

D'après ce tableau on voit que les fruits à deux graines sont les plus nombreux, puis viennent ceux qui en contiennent trois, ceux qui n'en ont qu'une, ceux qui en ont quatre. Les fruits à cinq graines sont déjà peu nombreux, et enfin ceux qui en présentent davantage ne constituent que de très rares exceptions. Or, on sait que la fleur de *Eriobotrya japonica* présente un ovaire à cinq loges contenant chacune deux ovules. Si le développement était normal, il devrait donc exister dix graines par fruit. On voit par conséquent, que dans

NUMÉROS D'ORDRE	NOMBRE DES FRUITS ÉTUDIÉS	NOMBRE DES FRUITS AYANT										NOMBRE TOTAL DES GRAINES
		1 graine	2 graines	3 graines	4 graines	5 graines	6 graines	7 graines	8 graines	graines	10 graines	
1	51	14	28	7	2	—	—	—	—	—	—	99
2	55	9	30	12	2	—	—	2	—	—	—	137
3	44	12	16	11	4	—	—	1	—	—	—	100
4	75	8	13	18	17	9	1	3	3	2	1	280
5	44	11	27	16	—	—	—	—	—	—	—	83
6	58	8	25	15	6	3	1	—	—	—	—	148
7	52	23	24	5	—	—	—	—	—	—	—	86
8	7	7	27	22	5	1	—	—	—	—	—	152
9	31	—	9	9	8	2	1	—	1	1	1	110
10	46	11	14	17	2	2	—	—	—	—	—	108
11	61	12	30	14	5	—	—	—	—	—	—	134
12	29	—	10	8	6	2	3	—	—	—	—	96
13	72	8	13	18	17	9	1	—	2	2	—	259
14	32	21	25	6	—	—	—	—	—	—	—	89
15	52	6	27	15	4	—	—	—	—	—	—	121
16	58	11	39	7	1	—	—	—	—	—	—	114
17	64	28	25	9	2	—	—	—	—	—	—	113
18	35	5	9	12	3	6	—	—	—	—	—	101
19	50	5	12	13	19	1	—	—	—	—	—	149
20	56	12	30	12	2	—	—	—	—	—	—	116
Totaux.	1.047	211	433	236	105	35	7	6	6	5	2	2.585

la suite du développement la plupart des ovules avortent (1), puisque dans le fruit mûr il n'y a généralement, comme le tableau nous l'indique, que de une à quatre graines.

1. M. Ernst, *Das Ergrünen der Samen von Eriobotrya japonica* (*Botanisches Centralblatt*, 1906).

CHAPITRE II

ANATOMIE

I. — PÉDONCULE DU FRUIT ET FRUIT

Le pédoncule du fruit présente un épiderme à cellules allongées radialement avec une cuticule un peu épaissie, une écorce parenchymateuse à grande cellules arrondies.

Le cylindre central débute par un péricycle formé de deux zones, l'une de fibres à membrane très épaisse avec cavité cellulaire très réduite, l'autre de tissu parenchymateux à éléments très petits.

Vient ensuite un liber formant un cercle irrégulier et séparé du bois par une assise génératrice très nette ; le bois est constitué par de longues files de vaisseaux séparées par des rayons médullaires très étroits. La partie centrale du pédoncule

1. M. Guignard a étudié le développement du nucelle : *Recherches sur le sac embryonnaire des Angiospermes* (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, 1882.)

est très sclérifiée. Dans les fruits monospermes, le cordon libéro-ligneux dirigé vers la graine reste entier, tandis que dans les fruits polyspermes, il se ramifie en autant de petits cordons secondaires qu'il y a de graines.

Le fruit est très charnu et présente un énorme parenchyme à très grandes cellules arrondies. Une coupe transversale du fruit, pratiquée entre les graines et l'insertion du pédoncule, montre les éléments fibreux et vasculaires qui se ramifient à mesure qu'on s'approche des graines.

2. — GRAINES ET SES TÉGUMENTS

La graine qui ne possède pas d'albumen renferme une plantule dont les cotylédons sont très développés et très riches en amidon, tandis que, au contraire le reste de l'embryon est très petit, et incurvé en forme de crosse, d'une façon très prononcée. Le tout est enveloppé d'un tégument que nous allons étudier tout d'abord. Ce tégument présente peu d'intérêt au point de vue anatomique mais au contraire il a un grand intérêt au point de vue physiologique, comme nous le verrons plus loin, par suite de ce fait que son épaisseur et sa couleur doivent avoir une influence considérable

1. M. Péchoutre a étudié l'ovule adulte : *Contribution à l'étude du développement de l'ovule et de la graine des Rosacées* (Ann. Sc. Nat., 1902, p. 165.)

sur le passage de la lumière qui le traverse et par suite sur le verdissement des cotylédons.

Une distinction anatomique existe cependant entre la partie du tégument qui recouvre la zone que j'ai appelée calotte basilaire et celle qui enveloppe le reste de la graine. Cette différence apparaît d'abord à la simple observation du tégument détaché de la graine ; la partie interne correspondant à la calotte basilaire est d'une couleur plus claire que tout le reste. En outre, l'observation anatomique révèle que le tégument a une épaisseur deux fois moindre dans la zone basilaire que dans le reste de la graine. Dans cette dernière région les téguments sont formés de 10 à 15 assises de cellules à l'état jeune, et plus tard de 15 à 25.

M. Ernst (1) a même compté jusqu'à 20 assises de cellules, tandis qu'il n'y en avait que de 4 à 5 dans la calotte basilaire. Les trois ou quatre assises les plus externes sont formées de cellules parallélipédiques ne laissant entre elles aucun méat, plus à l'intérieur les cellules deviennent irrégulières et plus ou moins ovoïdes. Les cellules du tégument correspondant à la calotte basilaire sont plus petites, sphériques et lâchement réunies entre elles. Leurs parois sont plus minces, de là une grande transparence de cette partie du tégument qui, comme j'ai dit plus haut, se fait remar-

1. M. Ernst, *loc. cit.*

quer par une couleur plus claire. Les faisceaux n'existent que dans la zone située au-dessus de la calotte basilaire.

Dans les graines jeunes les téguments sont blancs, plus tard ils deviennent de couleur paille, et enfin, quand le fruit commence à mûrir, ils acquièrent la couleur de la rouille.

J'ai noté dans la partie morphologique que les téguments présentent çà et là des taches ressemblant à celles qui se trouvent sur les graines de ricin. M. Lopriore (1) dit que cela est dû à la richesse en cristaux d'oxalate de calcium qui ont la forme de prismes disposés en files longitudinales, ou en courbes concentriques, reconnaissables à la lumière polarisée.

Un phénomène de nature morphologique, mais déterminé par des causes anatomiques consiste en ce que les téguments des graines se déchirent pendant qu'elles sont encore dans le fruit en découvrant une partie de la masse cotylédonaire. La cause de la rupture est certainement due au développement inégal des deux cotylédons et cette rupture est généralement dans le sens longitudinal de la graine. M. Ernst (2) a constaté que sur 1.064 graines, 120 seulement présentaient des fentes longitudinales, ce qui fait une proportion de 11,3 o/o. Sur 600 fruits que j'ai examinés et qui

1. M. Lopriore, *loc. cit.*

2. M. Ernst, *loc. cit.*

contenaient en tout 1.980 graines, j'ai trouvé 208 cas de rupture, soit 10,5 o/o. On voit que ces deux résultats sont très voisins l'un de l'autre. Il faut ajouter que la rupture se fait ordinairement du côté dorsal de la graine et rarement sur les côtés. Je me suis demandé s'il y avait quelque relation entre la fréquence de la rupture du tégument et les nombres des graines contenues dans le fruit.

Sur 600 fruits, les graines à tégument déchiré et à tégument resté intact sont distribuées comme l'indique le tableau de la page suivante.

On voit d'après ce tableau que c'est surtout quand le fruit contient un grand nombre de graines — 7 ou plus — que la rupture se produit plus fréquemment.

Les cotylédons sont très riches en amidon. Ils présentent un épiderme dont les cellules sont très petites, ont une section carrée ou rectangulaire et à parois externes épaisses pourvue d'une cuticule.

Le faisceau libéro-ligneux principal présente déjà des formations secondaires. Vers la périphérie les cellules du parenchyme sont plus petites.

M. Lopriore (1) a trouvé autour des faisceaux et à la périphérie des cotylédons des mâcles d'oxalate de calcium.

1. M. Lopriore, *loc. cit.*

NOMBRE DES GRAINES	Fruit à 1 graine		Fruit à 2 graines		Fruit à 3 graines		Fruit à 4 graines		Fruit à 5 graines		Fruit à 6 graines		Fruit à 7 graines		Fruit à 8 graines		Fruit à 9 graines		Fruit à 10 graines		Total	
	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o	Nombre des graines étudiées	Proportion o/o
à tégument déchiré....	6	13	4	22	5	82	12	10	22	10	7	22	52	22	34	11	8	40	208	10,5		
à tégument intact....	40	87	96	398	95	630	88	90	188	90	134	20	48	42	99	16	12	99	1.772	86,5		
Somme	46	100	304	420	100	712	100	210	210	100	144	100	42	100	94	100	18	100	20	100	1.980	100

Les chloroleucites sont localisés dans la zone périphérique des cotylédons, tandis que les assises internes sont pleines de grains d'amidon.

La région du hile est formée, dans les graines jeunes de cellules ovales relativement serrées entre elles, plus tard ce tissu devient plus lâche, avec des cellules laissant entre elles des méats très grands.

3. — JEUNES PLANTES ISSUES DE GERMINATION

L'étude complète de la germination de l'*Eriobotrya japonica* n'a pas encore été abordée. M. E. Pée-Laby a donné quelques indications très sommaires sur la structure anatomique de la feuille et des cotylédons (1) et M. Guillard (2) a décrit la moelle d'une jeune branche, de la feuille et du pétiole. J'ai employé deux méthodes pour faire germer les graines d'*Eriobotrya* : 1° J'ai mis un premier lot de graines dans du coton mouillé ; elles ont germé très rapidement au bout de quatre ou cinq jours ; 2° Un second lot de graines a été semé dans des pots de terre. La germination a duré du 18 juillet au 29 août. Les petites plantules obte-

1. M. E. Pée-Laby, *Recherches sur l'Anatomie comparée des cotylédons et des feuilles des cotylédonées*. Thèse de Toulouse, 1892, p. 122.

2. M. Guillard, *Sur la moelle des plantes ligneuses* (Ann. Scien. nat., 1847, p. 324).

nues par germination dans du coton sont remarquables par leur richesse en poils plus grande que les grandes plantules qui ont été obtenues par germination dans la terre. C'est ainsi qu'elles se différencient l'une de l'autre. M. Lopriore (1) a remarqué que les graines germant dans un endroit humide présentent de nombreux poils à la base des cotylédons. Il a dit que les poils sont unicel-

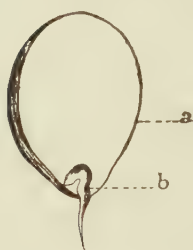


FIG. 4. — Moitié d'une graine montrant la petite plantule germée de quatre jours :

a, cotylédon; b, plantule.

lulaires et pluricellulaires, fusiformes ou falciformes. Les poils jeunes sont unicellulaires et avec le temps deviennent pluricellulaires. Les cotylédons sont hypogés; ils restent dans le sol à la germination.

Examinons la plante à divers états de développement.

Dans une plantule, après quatre jours environ de germination

(Fig. 4) la racine présente à son extrémité quelques assises de cellules constituant la coiffe; puis un parenchyme cortical formé de huit à neuf assises de cellules arrondies délimité intérieurement par un endoderme à cellules rectangulaires. Le cylindre central débute par un péricycle à cellules allongées radialement. Il y a, en alternance, quatre faisceaux du bois et quatre faisceaux du liber (Fig. 5).

1. M. Lopriore, *loc. cit.*

La moelle se montre formée de cellules très petites. En remontant dans la racine, la structure reste la même, mais deux des faisceaux du bois commencent à se rapprocher, tandis que les autres restent à leur place, les premiers forment en venant s'accoler à un faisceau libérien, un faisceau libéro-ligneux (Fig. 6).

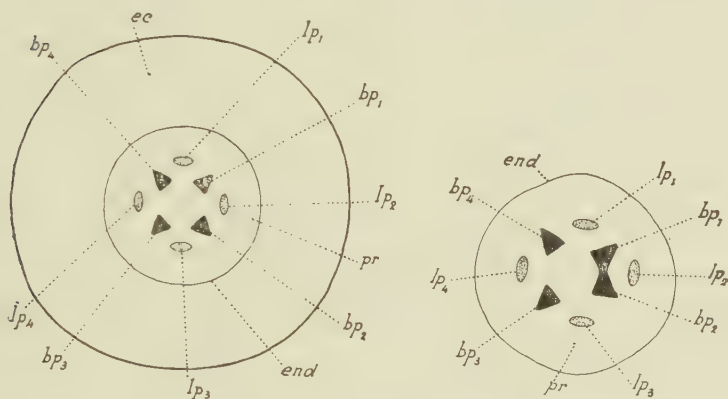


FIG. 5 et 6. — Coupes transversales de la racine d'une plantule germée de quatre jours :

ec, écorce ; *end*, endoderme ; *pr*, péricycle ; *lp*¹, *lp*², *lp*³, *lp*⁴, faisceaux du liber primaire, *bp*¹, *bp*², *bp*³, *bp*⁴, faisceaux du bois primaire.

A mesure qu'on s'avance vers le sommet, on aperçoit que les deux autres faisceaux de bois se rapprochent à leur tour l'un de l'autre et viennent former un second faisceau libéro-ligneux (Fig. 7).

Le liber ne change aucunement son trajet et les déplacements des éléments ligneux produisent seuls les changements de structure qu'on observe. Par suite de ces coalescences, deux des faisceaux du liber deviennent superposés aux éléments ligneux ; les deux autres restant en position alterne

avec l'ensemble libéro-ligneux ainsi déterminé (Fig. 8). Plus haut les deux masses de bois s'étalent

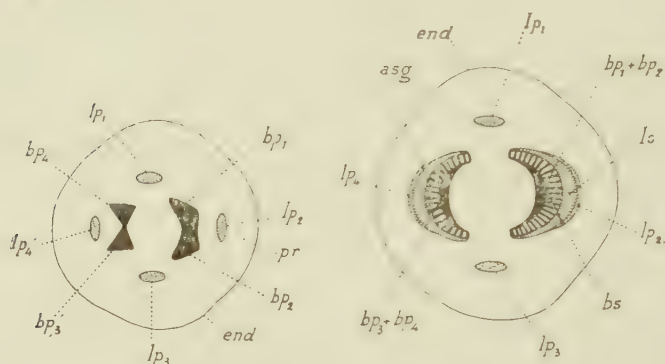


FIG. 7 et 8. — Coupes transversales d'une plante germée de quatre jours à un niveau plus élevé que le précédent.

lp^1 , lp^2 , lp^3 , lp^4 , liber primaire; bp^1 , bp^2 , bp^3 , bp^4 , bois primaire; ls , liber secondaire; bs , bois secondaire.

de plus en plus par leur extrémité et finissent par se réunir de façon à constituer une couronne

continue (Fig. 9).

Ceci est dû à l'apparition de nouvelles cellules ligneuses (métaxylème), le liber multiplie également ses éléments et constitue alors un

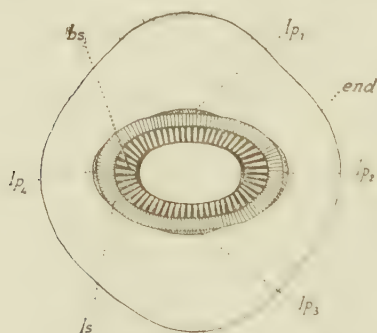


FIG. 9. — Coupe transversale d'une plante germée de quatre jours au niveau voisin de celui de la naissance des cotylédons :

end, endoderme; lp^1 , lp^2 , lp^3 , lp^4 , liber primaire; ls , liber secondaire; bs , bois secondaire.

analogue à celui du bois formation de méta-

phloème). Nous arrivons ainsi à la région où la structure racine est remplacée par la structure tige. Le cylindre central donne alors naissance aux faisceaux qui se rendent aux feuilles successives (Fig. 10, 11, 12).

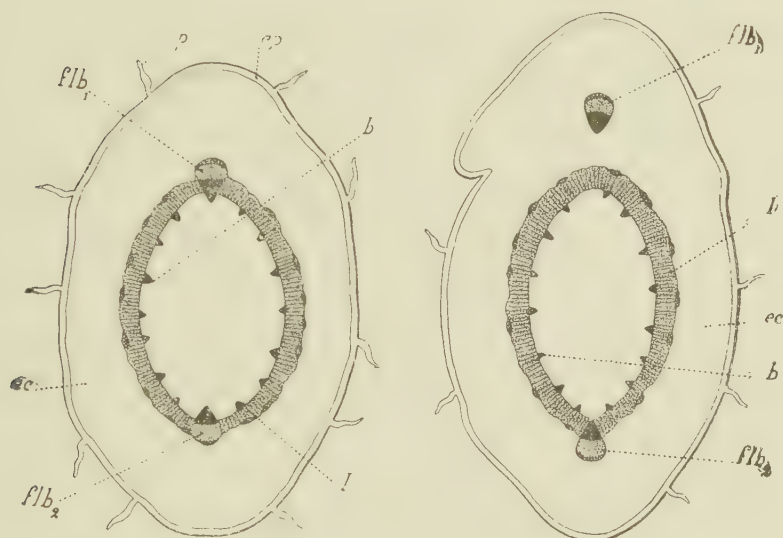


FIG. 10 et 11. — Coupes transversales de la tige d'une plante germée de quatre jours :

p, poil ; *ep*, épiderme ; *ec*, écorce ; *l*, liber ; *b*, bois ; *flb¹*, *flb²*, faisceaux libéro-ligneux.

Dans une plantule plus âgée que la précédente, germée depuis huit à neuf jours (Fig. 13) j'ai observé dans la racine à son extrémité inférieure cinq faisceaux du bois alternant avec autant de faisceaux du liber (Fig. 14) le tout borné par un péricycle à cellules allongées radialement et par un endoderme bien net, à cellules rectangulaires ; la moelle est formée de grandes cellules à parois

épaisses. Plus haut, on voit que les faisceaux

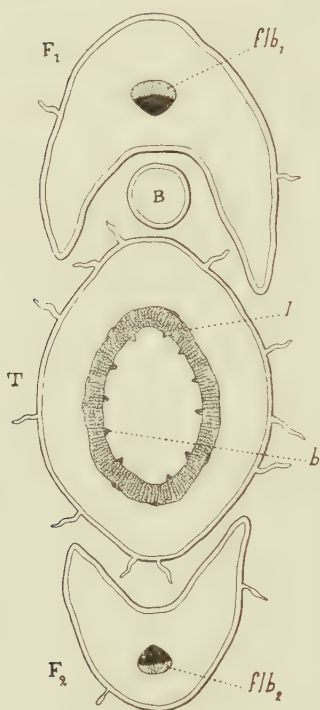


FIG. 12. — Coupe transversale de la gemmule d'une plante germée de quatre jours :

T, Tige ; l, liber ; b, bois ; flb^1 , faisceaux libéro-ligneux de la première feuille F^1 ; flb^2 , faisceaux libéro-ligneux de la seconde feuille F^2 .

ligneux s'étalent tangentielllement par la formation de métaxylème à droite et à gauche des premiers vaisseaux ; le métaxylème du côté gauche d'un faisceau et celui du côté droit du faisceau voisin s'unissent et constituent la masse ligneuse juxtaposée au faisceau libérien situé entre les deux faisceaux de bois

primaire correspondant (figure 15). Ensuite

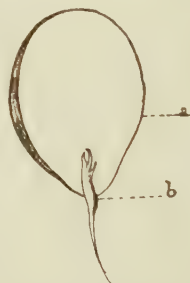


FIG. 13. — Moitié d'une graine montrant la petite plantule germée de huit jours :

a, cotylédon ; b, plantule germée de huit jours.

le bois et le liber se développant de plus en plus forment cinq groupes libéro-ligneux secondaires entre lesquels on aperçoit encore les cinq petites masses ligneuses du bois primaire

(fig. 16). A ce niveau, on observe une assise génératrice très nette séparant le bois du liber.

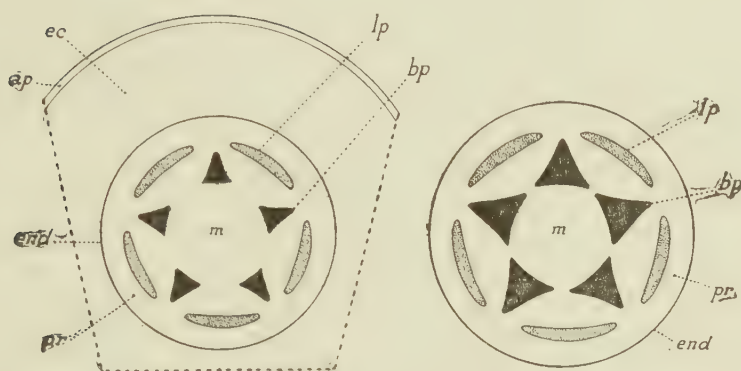


FIG. 15 et 16. — Coupes transversales de la racine d'une plante germée de huit jours :

ap, épiderme ; *ec*, écorce ; *end*, endoderme ; *pr*, péricycle ; *lp*, liber primaire ; *bp*, bois primaire ; *m*, moelle.

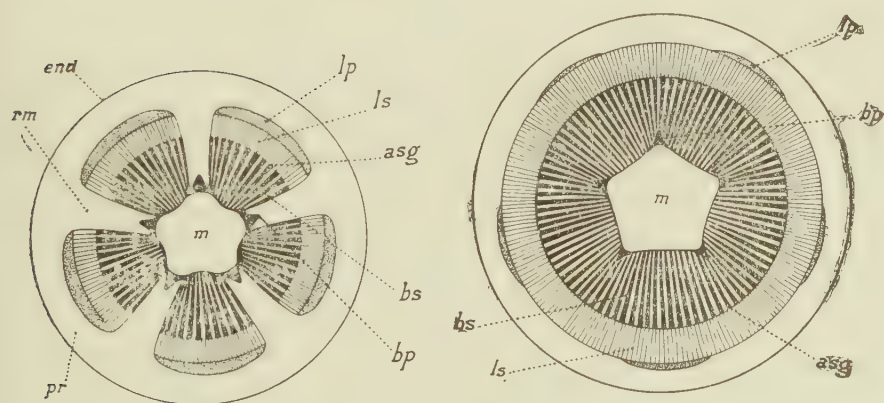


FIG. 16 et 17. — Coupes transversales à un niveau plus élevé que le précédent :

A. *end*, endoderme ; *pr*, péricycle ; *lp*, liber primaire ; *ls*, liber secondaire ; *asg*, assise génératrice ; *bs*, bois secondaire ; *bp*, bois primaire ; *m*, moelle. — B. *lp*, liber primaire ; *ls*, liber secondaire ; *asg*, assise génératrice ; *bs*, bois secondaire ; *bp*, bois primaire ; *m*, moelle.



FIG. 18. — Plantule adulte germée de quarante jours environ
a, collet ; *b*, *b*¹, cotylédons.

Plus haut encore, on finit par observer un anneau libéro-ligneux complet (Fig. 17).

Etudions maintenant une plante à la fin de sa période germinative (Fig. 18).

Dans la racine (Fig. 19) on voit, d'abord, un liège comprenant trois ou quatre assises de cellules subérifiées de forme rectangulaire.

Nous pouvons voir exfolier l'assise externe dont nous apercevons le décollement. Puis nous avons la partie interne composée de trois ou quatre assises de cellules arron-

dies et ne présentant entre elles que de petits

méats. Le cylindre central comprend : un anneau de liber primaire et secondaire une assise génératrice très nette à laquelle des formations ligneuses très étendues font suite.



FIG. 19. — Coupe transversale d'une racine adulte :
lg, liège ; *ec*, écorce ; *lp*, liber primaire ; *ls*, liber secondaire ;
asg, assise génératrice ; *bs*, bois secondaire ; *bp*, bois primaire ;
rm, rayon médullaire ; *m*, moelle.

Enfin le centre de la racine est occupé par une moelle lignifiée et dont les cellules ont un calibre à peu près semblable à celui des éléments corticaux.

Dans la tige de la plante adulte (Fig. 20), on observe en coupe transversale la succession sui-

vante : L'épiderme est formé de cellules à allongement radial, puis vient le tissu cortical formé de cellules à contour circulaire, ménageant entre elles

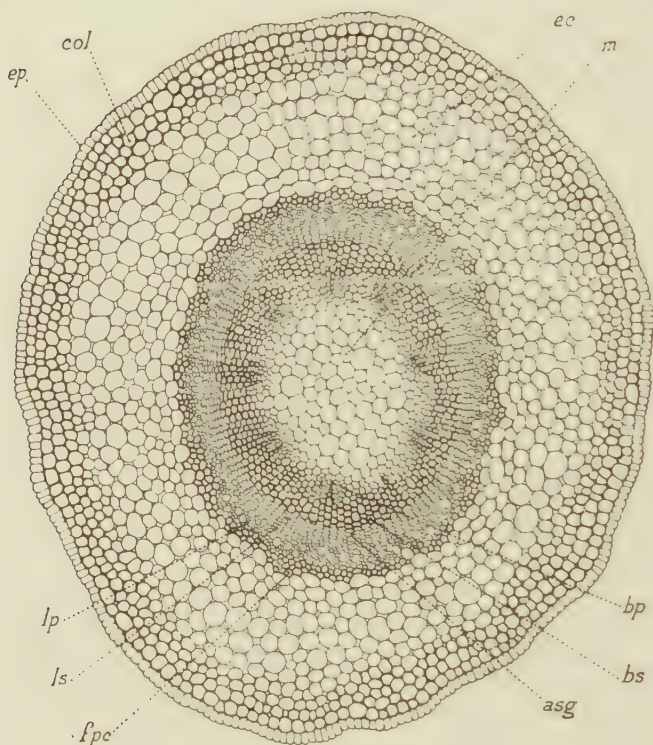


FIG. 20. — Coupe transversale d'une tige adulte :
ep, épiderme ; *col*, collenchyme ; *ec*, écorce ; *fpc*, fibres pericycliques ; *lp*, liber primaire ; *ls*, liber secondaire ; *asg*, assise génératrice ; *bs*, bois secondaire ; *bp*, bois primaire ; *m*, moelle.

des méats ; les trois premières assises offrent un aspect collenchymateux assez net.

La grandeur des cellules parenchymateuses diminue en allant vers le centre, la dernière assise constitue l'endoderme et ses éléments sont (d'une

manière générale) allongés tangentiellement. Le cylindre central débute par un anneau de tissu sclérifié formé de trois ou quatre assises de cellules représentant le péricycle ; puis nous trouvons vers l'intérieur le liber primaire auquel succède le liber secondaire.

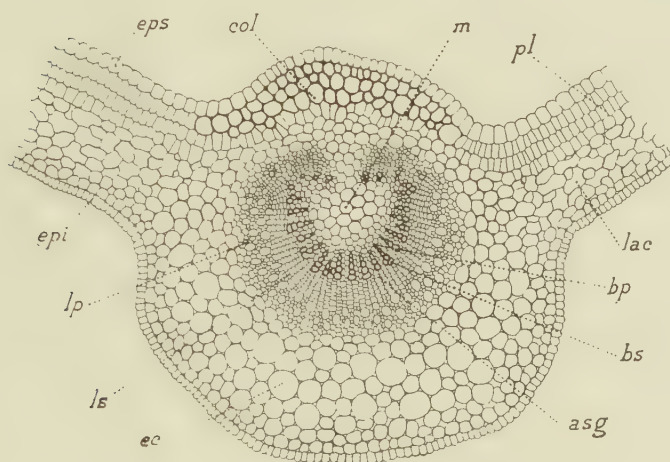


FIG. 21. — Coupe transversale d'une feuille adulte :
eps, épiderme supérieur ; *epi*, épiderme inférieur ; *col*, collenchyme ;
pl, tissu palissadique ; *ec*, écorce ; *lac*, tissu lacuneux ; *lp*, liber
 primaire ; *ls*, liber secondaire ; *asg*, assise génératrice ; *bs*, bois
 secondaire ; *bp*, bois primaire ; *m*, moelle.

Enfin nous avons le bois dont la partie extérieure d'origine secondaire est formé de grandes cellules polygonales à parois épaisses et dont la partie interne de formation primaire, se montre constituée par des cellules plus petites. Une zone génératrice sépare le liber secondaire du bois secondaire.

Au centre il existe une moelle dont les éléments

sont de forme et de dimension très semblable à à celles de l'écorce.

Dans une coupe d'une partie plus âgée de la tige, on voit le début de la formation d'un péri-derme sous-épidermique.

Dans le péricycle les fibres scléreuses sont très différenciées, à parois très épaisses et très lignifiées, et disposées par îlots.

En coupe transversale la feuille (Fig. 21) présente un renflement correspondant à la nervure médiane beaucoup plus accentuée à la face inférieure qu'à la face supérieure et offrant une forme à peu près circulaire. On trouve dans cette région un épiderme à cellules isodiamétriques, puis un tissu parenchymateux formé de cellules circulaires et ménageant entre elles des méats dont les dimensions ne sont pas sensiblement plus grandes que dans les tissus corticaux de la tige et de la racine. Les deux premières assises sont plus petites et plus épaisses, et présentent des caractères plus ou moins collanchymateux ; enfin il existe un endoderme entourant un cylindre central situé plus près de la face supérieure. Dans la nervure principale il n'y a presque pas de tissu palissadique. Il existe, dans le cylindre central, un péricycle à éléments très petits suivi d'un liber primaire et secondaire séparé du bois par une assise génératrice.

Le bois et le liber sont disposés en fer à cheval. Le bois est formé de vaisseaux polygonaux de

grandeur décroissante vers l'intérieur qui est occupé par une moelle dont les cellules sont de dimensions d'ordre voisin de celles du tissu cortical. Dans le reste de la feuille, l'épiderme de la face supérieure, présente des cellules un peu plus grandes que celle de l'épiderme inférieur ; les deux faces ont une cuticule mince. A

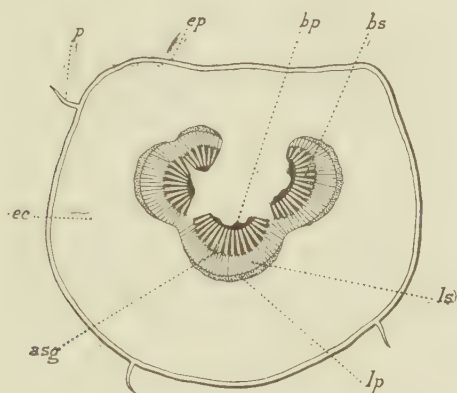


FIG. 22. — Coupe transversale du pétiole :

p, poils; *ep*, épiderme; *ec*, écorce; *lp*, liber primaire; *ls*, liber secondaire; *asg*, assise génératrice; *bs*, bois secondaire; *bp*, bois primaire.

la partie supérieure on trouve trois ou quatre assises de cellules en palissade très serrées, de petite taille, et assez courtes. Au centre se trouve un parenchyme à cellules assez grandes, arrondies ou ovoïdes, dans la face inférieure le tissu lacuneux est formé de quelques assises de cellules plus petites que les précédentes et à lacunes bien nettes. L'épiderme inférieur présente quelques stomates.

Le pétiole (Fig. 22) présente le même caractère de structure que la région correspondant à la nervure principale de la feuille, sauf que l'écorce est formée d'un nombre d'assises plus grand. L'épiderme présente çà et là des poils simples.



CHAPITRE III

PHYSIOLOGIE

Les graines de l'*Eriobotrya japonica* présentent un caractère intéressant, sur lequel j'ai porté mon attention, c'est leur coloration verte.

Ce pigment vert apparaît lorsque les graines sont à l'intérieur du fruit et à mesure que celui-ci mûrit. La coloration d'un vert intense de l'extrémité inférieure des cotylédons détermine une zone limitée, à la partie inférieure externe, par un sillon dont j'ai précédemment parlé, et qui l'isole du reste du cotylédon ; au delà de ce sillon, en allant vers le haut, la coloration se dégrade progressivement.

Pour faciliter l'exposé de ces recherches je désignerai sous le nom de *calotte basilaire* l'ensemble des deux zones plus vertes qui se trouvent, chacune à la base et à l'extérieur d'un cotylédon.

Dans la partie plus pâle, on remarque que la coloration est un peu plus intense le long de la ligne de contact des deux cotylédons ; elle l'est

également un peu plus sur un cotylédon que sur l'autre, le cotylédon le plus coloré étant celui dont la face dorsale est la plus bombée.

En outre d'une coloration verte plus intense et d'une plus grande convexité de la face dorsale, l'un des cotylédons présente encore un autre caractère distinct que l'on retrouve toujours uni aux deux précédents, c'est l'adhérence beaucoup plus intime du tégument au tissu sous-jacent.

Dans les fruits monospermes, le verdissement est d'ordinaire moins intense que dans les fruits polyspermes ; la différence entre la coloration de la calotte basilaire et celle de la partie supérieure de la graine est moins grande, la ligne qui sépare ces deux régions est moins nette.

Les graines des fruits polyspermes sont petites et allongées, tandis que celles des fruits monospermes sont grosses et globuleuses.

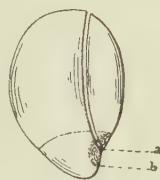
Les premières offrent donc plus de surface à l'action de la lumière. En outre, la pulpe des fruits polyspermes est évidemment beaucoup moins épaisse que celle des fruits monospermes ; la lumière traverse donc plus facilement la première.

Ces faits expliquent les différences de coloration que nous avons constatées entre les graines des fruits polyspermes et celles des fruits monospermes ; les premières sont toujours beaucoup plus vertes que les secondes.

Le verdissement commence à la pointe de la calotte basilaire et, à mesure que le fruit se déve-

loppe et mûrit, la coloration verte s'étend progressivement vers la région supérieure. Lorsque la calotte basilaire est devenue complètement verte, la coloration apparaît au-dessus du sillon qui limite cette partie de la graine, mais ne devient jamais aussi intense que sur la calotte elle-même ainsi que nous l'avons indiqué.

A l'inverse de ce qui arrive d'ordinaire pour divers organes caducs qui, avant de tomber, perdent leur coloration verte, le pigment vert des graines persiste dans les fruits détachés de l'arbre.



La répartition sur les cotylédons du pigment vert semble être en relation avec la position occupée par ces cotylédons dans la graine. Certaines graines anormales ont leurs cotylédons très inégaux ; dans ces cas le verdissement se produit autour de la gemmule qui est rejetée de côté au lieu de rester dans le plan de symétrie, et n'occupe plus alors la zone basilaire tout entière (Fig. 23).

FIG. 23. — Graine d'un fruit monosperme, montrant la gemmule rejetée de côté entourée d'une zone à pigment vert.

a, gemmule ; b, zone à pigment vert.

Un autre fait vient à l'appui de l'observation précédente et nous confirme dans l'idée que la partie de la graine représentée par l'ensemble de la radicule, de la tigelle et de la gemmule joue un rôle important dans le phénomène du verdissement ; si au cours du développement du fruit cette partie de la graine est blessée, la coloration de la

calotte basilaire avoisinante ne se produit plus.

En outre ces graines anormales retirées du fruit et exposées à la lumière solaire diffuse prennent alors la coloration verte, mais d'une façon uniforme sur toute la surface des cotylédons et il ne se différencie plus une région colorée d'une manière plus intense.

Mentionnons encore une particularité : si les téguments d'une graine se trouvent accidentellement déchirés dans le fruit, il se produit dans la partie correspondante du cotylédon un léger verdissement. Cette coloration reste limitée à la région dénudée si le tégument a conservé toute son épaisseur autour de la blessure ; au contraire elle s'étend un peu au-delà lorsque, par le fait de l'accident, une certaine portion du tégument restant, s'en trouve amincie.

Quelle peut être la cause du verdissement des graines du Néflier du Japon ? — Est-il possible d'admettre que la lumière soit capable de traverser les tissus du péricarpe et d'arriver aux graines avec une intensité suffisante pour déterminer la formation de la chlorophylle ? La matière verte formée est-elle de la chlorophylle ?

Les recherches, dont les résultats sont exposés ci-dessous, ont été entreprises dans le but de répondre à ces questions.

J'étudierai successivement :

I. — L'influence de la lumière sur le verdissement des graines de Néflier du Japon.

II. — La perméabilité du péricarpe aux rayons lumineux.

III. — La mesure de l'intensité lumineuse relative à l'intérieur du fruit.

IV. — Les propriétés spectroscopique du pigment vert formé dans les graines.

V. — Les propriétés physiologiques (assimilatrices) de ce pigment.

1. — INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LE VERDISSEMENT DES GRAINES D'ERIOBOTRYA JAPONICA

Avant d'entrer dans l'exposé proprement dit des recherches qui font l'objet de ce chapitre, je crois devoir résumer les faits signalés jusqu'ici sur la formation, à l'obscurité, de chlorophylle chez les végétaux.

On sait que, d'une manière générale, la lumière est indispensable à la formation de la chlorophylle chez les végétaux. Cependant différents auteurs ont signalé des cas de production de pigment vert dans l'obscurité complète.

M. Sachs (1) (1859) a fait des observations sur les cotylédons de graines de *Pin* en germination

1. M. Sachs, *Über das Vorhandensein eines farblosen Chlorophyllchromogen in Oflanzen seilen* (Lotos IX Jahreg., 1859).

et il a trouvé qu'elles verdissent quoiqu'elles soient entourées d'un endosperme complètement impénétrable à la lumière, comme d'un sac hermétiquement fermé, et qu'une couche de terre les recouvre.

Mohl (1) (1861), en confirmation de ce fait, a trouvé que chez ces Conifères les cotylédons et la partie supérieure de l'hypocotyle se colorent en vert, lorsqu'on les prive complètement de lumière ; il constata aussi que la matière colorante verte est de la chlorophylle.

M. Sachs (3) (1862) a remarqué plus tard le verdissement à l'obscurité des germes de *Pinus silvestris* et du *Biota orientalis*, puis du *Pinus strobus* et *Pinus canadiensis* ; de même Bœhm (3) (1865) a constaté le verdissement du *Picea vulgaris* et du *Pinus laricio*. M. Flahault (4) (1879) a montré que les cotylédons des embryons de *Pin* et d'autres Conifères deviennent verts tout en se développant à l'abri de la lumière, il en est de même pour les frondes des Fougères. En outre des bulbes d'*Allium cepa*, *Crocus vernus* plantés à

1. Mohl, *Ein Beitrag zur Geschichte der Keimung* (Bot. Zeit., XIX, 1861).

2. M. Sachs, *Hora*, 1862 ; *Hora*, 1864.

3. Bœhm, *Über die Physiologischen Bedingungen der Chlorophyllbildung* (Sitzungsberichte der Kais. Akad. d. Wissensch. Wien., 1865).

4. M. Flahault, *Sur la présence de la matière verte dans les organes soustraits à l'influence de la lumière* (Bull. Soc. bot. de France, 1879, XXVI).

l'abri de la lumière donnent aussi des pousses dont les extrémités sont vertes.

L'étude de la dissolution alcoolique de la matière verte contenue dans les embryons de *Pin pignon* et d'autres espèces, a montré au spectroscope la bande d'absorption la plus caractéristique de la chlorophylle.

M. Flahault (1) affirme avoir constaté expérimentalement que les phénomènes ci-dessus indiqués sont constamment accompagnés de la transformation de matières nutritives emmagasinées dans la plante ; quand ces réserves sont épuisées, la chlorophylle commence à se détruire.

M. Griffon (2) a exécuté d'autres expériences relatives au même sujet. Il fait assimiler des cotylédons de *Pin pignon* développés à l'obscurité, en les comparant avec d'autres qui avaient évolué à la lumière. Il a trouvé que les premiers ont parfaitement décomposé l'anhydride carbonique, et leur énergie assimilatrice, comparée à celle des seconds, a paru ne dépendre que du développement des tissus chlorophylliens ainsi que du nombre, des dimensions et de la teinte des chlorolencites dans chaque cellule.

Il en résulte alors que si la chlorophylle qui se forme ainsi à l'obscurité est différente de celle qui

1. M. Flahault, *loc. cit.*

2. M. Griffon, *Assimilation chlorophyllien et structure des plantes* (collection Scientia).

prend naissance à la lumière, cette différence n'a pas d'influence sensible sur l'assimilation.

M. d'Arbaumont (1) (1880) au centre des fruits du Potiron jaune (*Cucurbita maxima*), a trouvé dans de grandes cellules à parois amincies, de nombreux chloroleucites en voie de division.

Plus tard Molisch (2) (1889) a montré, au contraire, que les plantules de *Ginkgo biloba* dans l'obscurité complète, même à une température de germination favorable, ne forment aucune chlorophylle.

M. Bürgerstein (3) (1900) a trouvé que les graines de Conifères, à l'exception du *Ginkgo biloba* et celles de l'*Ephedra* parmi les Gnétacées, verdissent au cas où on supprime complètement la lumière et, à une température plus favorable de 15 à 25 degrés, d'une façon plus intensive que entre 5 et 10 degrés. Les *Cycas* et *Zamia* et probablement toutes les Cycadées, même à une température favorable pour le développement, ne peuvent produire de la chlorophylle dans l'obscurité complète.

Beaucoup de Conifères, notamment les Cyprésées, verdissent complètement, d'autres, en par-

1. M. d'Arbaumont, *Production de la chlorophylle dans l'obscurité* (Bull. Soc. bot. de France, 1880).

2. M. Molisch, *Notiz über das Verhalten von Ginkgo biloba im Finstern* (Est. Bot. Zeit., 1889).

3. Bürgerstein, *Über das Verhalten der Gynnospermenkeimlinge im Lichte und im Dunkeln* (Ber. d. bot. Ges. Bd. XVIII, 1900, p. 168).

ticulier le *Larix*, ne verdissent que faiblement en l'absence de lumière, même à une température favorable à la formation de la chlorophylle. Cette chlorophylle prend naissance non seulement dans les cotylédons, mais aussi à l'exception du *Larix*, dans l'hypocotyle. Chez les *Abies* et le *Cedrus* l'embryon contient déjà de la chlorophylle dans la graine en repos. Dans les Araucariées, la tige qui provient du développement de la gemmule forme, même lorsque l'on supprime la lumière pendant des semaines, de nombreuses feuilles d'un vert pâle. Le verdissement n'est donc pas ici limité aux feuilles des cotylédons comme dans les autres Conifères.

D'autres auteurs ont signalé la présence de matière verte dans l'obscurité complète, mais en présence du gaz hydrogène.

Senebier (1), faisant croître des plantes dans des récipients clos et obscurs, mais contenant une forte proportion d'hydrogène put observer la teinte verte dans les feuilles et les tiges.

Humboldt (2) (1792), ayant descendu dans les galeries souterraines des mines de Freyberg des touffes de *Poa annua*, *Poa compressa*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium arvense*, etc., vit que les touffes nouvelles montraient une coloration verdâtre ; or l'air de ces galeries renfermait une quantité considérable d'hydrogène.

1. Senebier, *Encyclopédie méthodique et Physiologie végétale*.

2. Humboldt, *Gren's Journ. de Physiologie*, p. 196, 1792.

De Candolle (1), en étudiant l'influence du gaz hydrogène sur l'étiollement, n'a obtenu que des résultats négatifs.

Des cas de verdissement, toujours en restant dans un endroit obscur, ont été constatés par M. Kraus (2) (1877), en soumettant les jeunes plantules à l'action des vapeurs d'alcool méthylique.

M. Bouillac (3) (1898) a constaté un résultat analogue pour le *Nostoc punctiforme* en mettant à sa disposition un hydrate de carbone, le glucose par exemple. Les recherches de MM. Laurent, Mazé et Perrier, Molliard et Lefèvre ont établi d'une manière nette que les plantes à chlorophylle sont capables d'utiliser un certain nombre de composés organiques qui leur sont artificiellement fournis.

M. Lubimenko (4), étudiant les fruits d'*Acer pseudoplatanus* et M. Flahault (5), les embryons des *Evonymus*, *Acer*, *Raphanus*, *Astragalus*, *Cetis*, *Pistacia*, *Viscum album*, *Citrus*, *Geranium*, *Cephalaria*, ont trouvé que la matière verte qui se forme à l'abri des téguments a besoin de rayons lumineux pour se développer et que ce pigment

1. De Candolle, *Physiologie végétale*, p. 892.

2. Kraus, *Landw. Vers. Stat.* p. 415, 1877.

3. M. Bouillac, *Sur la végétation d'une plante verte dans l'obscurité absolue* (C. R., 31 mai 1898.)

4. Lubimenko, *Influence de la lumière sur les fruits d'Acer pseudoplatanus* (Rev. génér. bot., 1907).

5. Flahault, *loc. cit.*

vert ne se forme et ne se développe qu'au début de la croissance de la graine, c'est-à-dire quand les téguments sont d'une transparence remarquable. Cette chlorophylle se conserve pendant très longtemps dans l'obscurité sans s'altérer, prête à fonctionner aux premiers rayons du soleil.

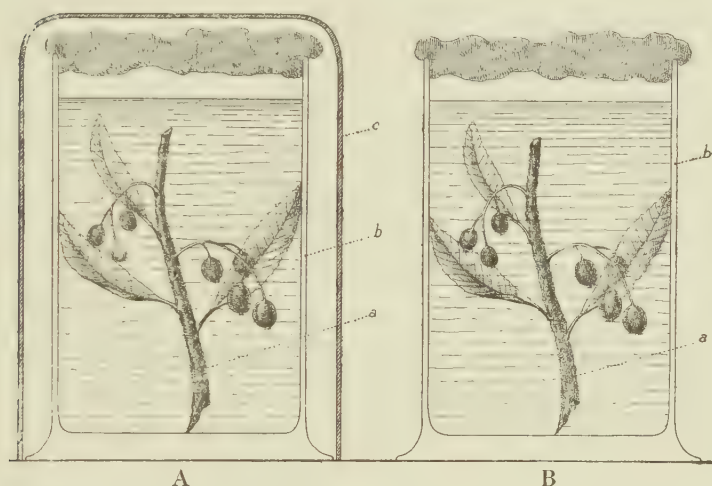


FIG. 24. — Figures représentant deux tubes A et B contenant chacun un rameau avec des fruits non mûrs :
a, a, rameaux portant des fruits ; b, b, tubes de verre contenant de l'eau ; c, cylindre de papier noir.

En résumé on voit que l'on connaît déjà un certain nombre de plantes qui, même à l'obscurité, sont susceptibles de former de la chlorophylle. A ces plantes M. Ernst a ajouté l'*Eriobotrya Japonica*. C'est cette plante qui m'a servi pour les recherches dont l'exposé va suivre.

Pour déduire l'influence de la lumière sur des

rameaux portant des fruits non mûrs, chacun de ces rameaux a été placé dans un large tube de verre rempli d'eau et fermé à sa partie supérieure par un tampon de coton. Les tubes ainsi préparés ont été divisés en deux lots; les uns furent exposés à la lumière diffuse (Fig. 24. B) tandis que les autres furent entourés d'un cylindre de papier noir et abandonnés ainsi à l'obscurité complète (Fig. 24. A).

L'eau dans laquelle baignaient les rameaux a été ajoutée dans le but de faciliter la maturation des fruits. L'expérience a été commencée le 26 mai et terminée le 20 juin.

Les graines, observées au début de l'expérience présentaient une faible quantité de pigment vert, la partie inférieure de la calotte basilaire était seule colorée, et ne présentait qu'une teinte peu intense.

A la fin de l'expérience, les fruits étaient complètement mûrs, aussi bien pour les tubes exposés à la lumière que dans ceux qui étaient restés à l'obscurité.

Dans les graines extraites des fruits ayant mûri à l'obscurité, la substance verte était restée telle qu'elle se trouvait au début de l'expérience; la coloration était la même, tant au point de vue de son intensité que de son étendue en surface.

Au contraire, dans les fruits exposés à la lumière, les graines présentaient une zone verte beaucoup plus étendue qu'au début de l'expé-

rience, et l'intensité de la coloration était également beaucoup plus grande. Il est donc permis de conclure que la lumière joue un rôle important dans le verdissement de ces graines au cours de la maturation des fruits.

2. — PERMÉABILITÉ DU PÉRICARPE DE L'ERIOBOTRYA JAPONICA AUX RAYONS LUMINEUX

On vient de voir que la lumière est indispensable au développement du pigment vert dans les graines ; il faut donc que le péricarpe des fruits soit perméable aux rayons lumineux.

Pour m'assurer directement de ce fait j'ai enfermé des graines de Blé à l'intérieur de fruits qui ont été ensuite exposés à la lumière. J'ai choisi cette espèce parce que l'on sait que les graines de Blé n'exigent, pour verdier, que de petites quantités de lumière.

Après avoir enlevé les graines de la Nèfle par une petite ouverture pratiquée dans le péricarpe du fruit j'ai disposé trois graines de Blé dans la cavité ainsi formée ; puis l'ouverture a été obturée par la portion de péricarpe précédemment enlevée ; j'ai complété la fermeture en recouvrant toute la région d'une couche de paraffine.

Les fruits ainsi préparés ont été abandonnés à la lumière pendant cinq jours. Au bout de ce

temps, j'ai observé que la germination n'avait pas encore commencé, tandis qu'elle était très avancée pour des grains placés en plein air sur de la ouate humide. Cette expérience ne pouvait donc me donner aucune indication sur le passage de la lumière à travers les parois du fruit. J'ai attribué l'arrêt de la germination au développement de gaz carbonique produit dans le fruit. Pour remédier à cet inconvénient

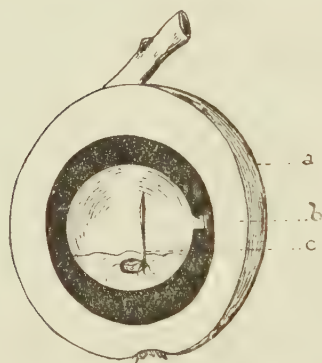


FIG. 25. — Coupe longitudinale d'un fruit monosperme :

a, fruit ; *b*, boule de verre ; *c*, plantule de blé germée de quatre jours.

j'ai modifié ma technique de la manière suivante : dans de petites ampoules en verre ayant la grosseur de la graine de Nèfle, j'introduis par une petite ouverture, un tampon de coton imbibé d'eau, et trois grains de Blé, et je bouche ensuite l'ouverture avec de la

cire molle. L'ampoule ainsi préparée est placée à l'intérieur d'un fruit, et ce dernier exposé à la lumière solaire (Fig. 25).

A la fin de l'expérience j'ai constaté que les grains de Blé avaient germé et que les plantules d'environ 1 centimètre de longueur présentaient une légère coloration verte.

Les jeunes plantules de Blé étant incapables de verdier à l'obscurité, il faut admettre que dans

cette expérience la lumière a traversé le péricarpe des fruits de l'*Eriobotrya japonica* pour arriver jusqu'au Blé.

J'ai eu soin d'opérer avec des fruits monospermes chez lesquels l'épaisseur du péricarpe est plus grande que dans les fruits polyspermes.

Les fruits normaux étant polyspermes on doit donc conclure que normalement la lumière traverse le péricarpe plus facilement encore que dans les fruits sur lesquels ont été faites mes expériences.

Les variations qui surviennent dans la coloration du fruit permettent de supposer que la perméabilité du péricarpe aux rayons lumineux ne doit pas être la même pendant toute la durée de la maturation.

La rapidité avec laquelle les fruits d'*Eriobotrya*

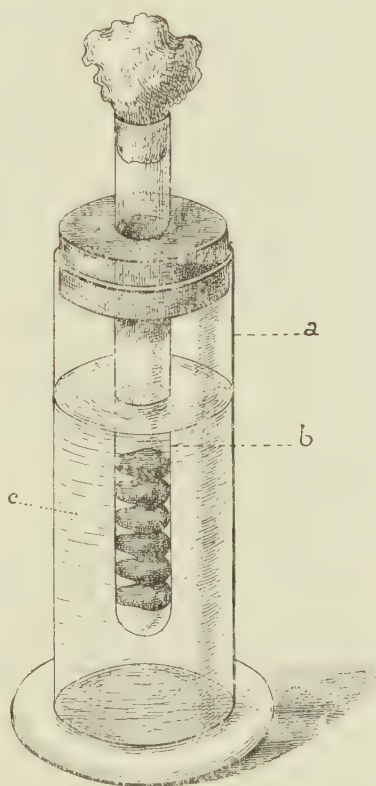


FIG. 26. — Figure représentant deux tubes de verre contenant l'un du suc de nèfles non mûres, l'autre six graines de nèfles recouvertes de leur tégument :

a, gros tube ; *b*, petit tube contenant six graines ; *c*, suc des nèfles non mûres.

japonica mûrissent, ne m'a pas permis de rechercher d'une manière directe comment variait la perméabilité du péricarpe aux rayons lumineux pendant tout le cours du développement du fruit.

Mais les variations qui surviennent dans la coloration du fruit étant dues aux modifications chimiques subies au cours de la maturation, principalement pour les substances liquides du fruit, il m'a paru intéressant de rechercher quel était le rôle joué dans le phénomène du verdissement, par la coloration de ces substances, cette coloration étant d'autant plus intense que la maturation est plus avancée.

L'expérience a été faite de la manière suivante : Dans un tube, dont le diamètre était sensiblement égal à celui d'une graine, j'ai introduit, en les plaçant les unes au-dessus des autres, six graines de Nèfle qui avaient été retirées de leurs fruits alors qu'elles ne présentaient qu'une zone verte très réduite et limitée à la base de la calotte basilaire ; ce tube a été placé dans une éprouvette de manière à être séparé de la paroi de cette dernière par une épaisseur sensiblement égale à celle du péricarpe d'un fruit ; l'espace compris entre le tube et l'éprouvette a été rempli avec le suc obtenu en écrasant un certain nombre de fruits non mûrs (Fig. 26).

Deux autres appareils ont été préparés de la même manière, mais l'espace compris entre le tube et l'éprouvette, a été rempli par du suc de

fruits parvenus, pour le premier, à une demi-maturation (Fig. 27) ; pour le second, à une maturité complète (Fig. 28). Dans les trois appareils, le suc

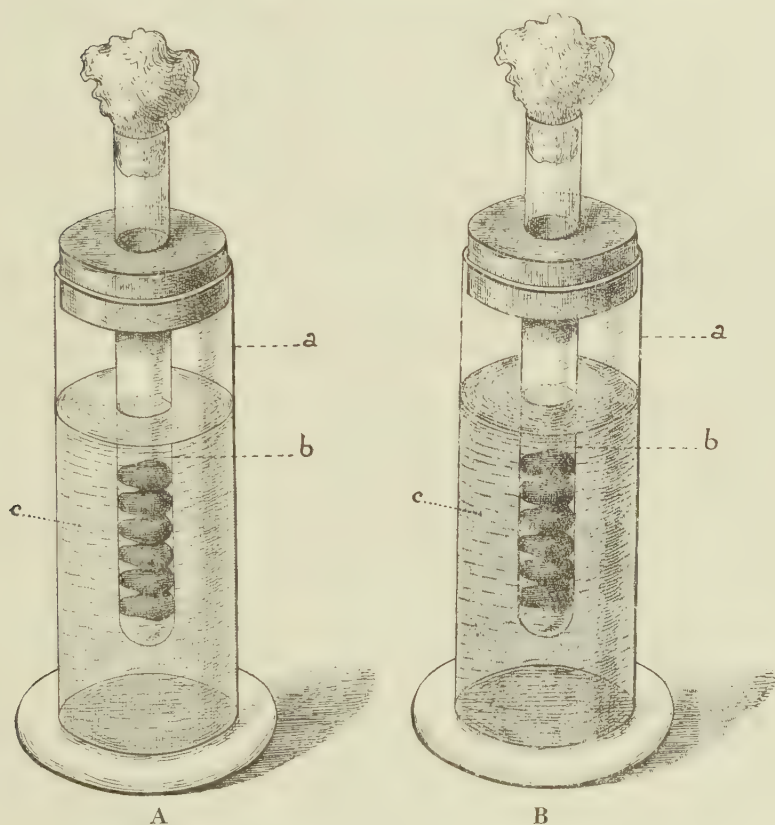


FIG. 27 et 28. — Mêmes figures que précédemment :
A. a, gros tube contenant suc des nêfles à demi-maturation. —
B. a, gros tube contenant suc des nêfles à maturité complète.

de Nêfle était rendu aseptique par addition de quelques gouttes de phénol.

Chaque éprouvette était obturée par un bouchon de liège percé d'un trou dans lequel péné-

trait le tube renfermant les graines. Ce dernier était également fermé par un bouchon de coton. (Fig. 26).

Les trois appareils ont été exposés à la lumière diffuse pendant vingt-cinq jours. Au bout de ce temps j'ai pu constater que la coloration verte des graines était d'autant plus intense que le suc des fruits dans lequel baignait le tube qui les contenait était moins coloré. Dans l'appareil n° 1 (suc de fruits non mûrs) les graines étaient plus riches en pigment vert que dans l'appareil n° 2 (suc de fruits demi-mûrs) ; les graines contenues dans ce dernier étaient également plus vertes que celles de l'appareil n° 3 (suc de fruits complètement mûrs).

Dans une autre expérience, des appareils analogues aux précédents ont été préparés en y remplaçant les graines de l'*Eriobotrya japonica* dans les tubes internes par des grains de Blé. Après quelques jours d'exposition à la lumière, j'ai pu voir que les jeunes plantules n'avaient pas la même intensité de coloration dans les trois appareils. La teinte verte était d'autant plus foncée que le liquide entourant les tubes provenait de fruits moins mûrs.

Cependant les différences de coloration existant entre les trois lots de germinations étaient moins grandes que celles qui avaient été constatées entre les graines de l'*Eriobotrya* dans la première expérience.

Il résulte de ces expériences que les graines d'*Eriobotrya* verdissent d'autant plus facilement que le suc qui les entoure provient de fruits moins mûrs et possède par suite une coloration moins accentuée.

En résumé, le péricarpe de l'*Eriobotrya japonica* est perméable à la lumière : les graines de cette plante ne verdissent pas à l'obscurité ; si elles verdissent dans le fruit, cela est dû à ce que la lumière peut traverser le péricarpe et elle le traverse d'autant plus facilement que le fruit est moins mûr et contient par suite un suc moins coloré.

3. — MESURE DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE A L'INTÉRIEUR DU FRUIT

Il m'a paru intéressant de rechercher quelle était la quantité de lumière qui passait à travers le péricarpe. Pour cela une série de fruits d'*Eriobotrya* ont été privés de leurs graines par le procédé qui a été décrit dans une expérience précédente.

Dans la cavité due à l'enlèvement de la graine, je place un fragment de papier au citrate d'argent d'une surface de 1 centimètre carré et dont la face sensible était tournée vers la partie du fruit restée intacte.

Je referme l'ouverture pratiquée dans le péricarpe et je recouvre de paraffine et d'une feuille de papier noir toute la face du fruit correspondante.

Puis j'expose au soleil la face du fruit intacte de manière à ce que les rayons lumineux tombent perpendiculairement sur la feuille de papier sensible après avoir traversé la paroi.

L'exposition a été faite pendant un temps de durée variable, deux heures, trois heures, et quatre heures.

Les papiers sensibles retirés des fruits après ces expériences ont été virés et fixés et leur intensité de coloration a été comparée avec celle d'une feuille de papier sensible provenant d'un photomètre de Vidal.

Il résulte de mes déterminations : 1° la paroi du fruit d'*Eriobotrya* laisse passer une certaine quantité de lumière qui est égale à celle qui traverse une épaisseur de 82 centimètres de verre (verre de vitre ordinaire).

Les recherches qui précèdent ont eu pour objet l'étude de la formation du pigment vert et en particulier celle du rôle joué par la lumière dans le verdissement.

Les résultats obtenus donnent à penser que le pigment vert des graines d'*Eriobotrya japonica* est constitué par une chlorophylle. La suite de ces recherches aura précisément pour but de caractériser ce pigment à l'aide de ses caractères physiques et de ses propriétés physiologiques.

Dans une première partie, j'indiquerai donc les résultats de l'examen spectroscopique du pigment. Dans une seconde, j'étudierai le pouvoir assimilateur des graines d'*Eriobotrya*.

4. — EXAMEN SPECTROSCOPIQUE

M. Lopriore (1) qui s'est proposé de déterminer la nature du pigment vert de *Eriobotrya japonica* n'est arrivé qu'à des résultats négatifs. Cela tient, d'après moi, à ce qu'il a soumis au traitement par l'alcool, des graines entières d'*Eriobotrya* ; il a pensé que ces graines contenant de l'acide cyanhydrique (2) ce fait pouvait empêcher la bande caractéristique de la chlorophylle de se manifester.

Pour lever la difficulté j'ai détaché la zone extérieure des cotylédons qui présente la coloration verte et c'est à cette zone seulement que j'ai fait subir le traitement suivant : le tissu en expérience est broyé dans un mortier pendant vingt minutes environ avec de l'alcool. J'ai filtré ensuite l'alcool imprégné du pigment et j'y ai ajouté de la benzine qui, comme on le sait, s'empare de la chlorophylle.

J'ai laissé reposer pendant une demi-heure pour que la solution verte arrive progressivement à la surface, et c'est une portion du liquide supérieur que j'ai examinée au spectroscope.

1. M. Lopriore, *Über Chlorophyllbildung bei partiaren Lichtabschluss* (Berichte der deutschen Botanischen Gesellschaft, vol. XXII, 1904, p. 385).

2. Balland, *Note sur la présence de l'acide cyanhydrique dans les semences du néflier du Japon* (Journal de Pharm. et Chim. Paris, 1876).

Dans ces conditions on constate aisément les trois bandes d'absorption bien connues de la chlorophylle ; la première, la plus sombre est la plus caractéristique, située dans le rouge entre les raies B et C de Fraunhofer. Cette observation ne laisse aucun doute sur la nature chlorophyllienne du pigment vert des graines d'*Eriobotrya japonica*.

5. — POUVOIR ASSIMILATEUR DES GRAINES DE L'ERIOBOTRYA JAPONICA

L'étude des échanges gazeux diurnes et nocturnes, chez les graines qui nous occupent, fournissent des données précises sur le rôle physiologique joué par le pigment vert qu'elles renferment.

TECHNIQUE

La technique employée a été la suivante :

1° **Echanges gazeux à la lumière.** — Dans une petite éprouvette remplie de mercure et dont les parois ont préalablement été mouillées avec quelques gouttes d'eau, on introduit 20 centimètres cubes d'un mélange d'anhydride carbonique et d'air dans la proportion de 5,20 d'anhydride pour 94,80 d'air.

Le mélange des gaz, la mesure des quantités du mélange devant servir aux expériences et l'introduction de ces gaz dans les éprouvettes ont été

faites à l'aide de l'appareil à prise de gaz imaginé par MM. Bonnier et Mangin (1).

On fait passer ensuite une graine d'*Eriobotrya* dans l'éprouvette ainsi préparée et on expose pendant cinq heures à la lumière diffuse.

Les traces d'eau ajoutées saturent l'atmosphère de l'éprouvette et forment à la surface du mercure une légère buée qui empêche la formation de vapeurs mercurielles toxiques. Deux éprouvettes ont ainsi été préparées le même jour et exposées au même éclairage pendant le même temps (cinq heures); l'une renfermait une graine verte et l'autre contenait une graine blanche ne présentant qu'un point vert à peine visible à la base de la calotte basilaire.

2° **Echanges gazeux à l'obscurité.** — Deux éprouvettes semblables à celles employées dans l'expérience précédente ont été également mouillées intérieurement avec quelques gouttes d'eau et remplies de mercure. On a ensuite introduit dans chacune d'elles 20 centimètres cubes d'air ordinaire. Puis l'une a reçu une graine verte et l'autre une graine blanche. Les deux éprouvettes ainsi préparées ont été maintenues à l'obscurité pendant cinq heures. On a analysé les gaz contenus dans les quatre éprouvettes, au début et à la fin des expériences. Les analyses ont été faites à

1. MM. Bonnier et Mangin. *Recherches sur la respiration des tissus sans chlorophylle.*

(*Annales des Soc. nat., Bot.*, 6^e série, t. XVIII, p. 292).

l'aide de l'appareil de MM. Bonnier et Mangin (1).

L'anhydride carbonique a été dosé par absorption au moyen de la potasse et l'oxygène l'a été par absorption à l'aide du pyrogallate de potassium.

Le gaz initial utilisé pour l'étude des échanges gazeux à la lumière avait la composition suivante :

$$\text{CO}^2 = 5,20 \text{ o/o}$$

$$\text{O} = 20,15 \text{ o/o}$$

$$\text{A} = 74,65 \text{ o/o}$$

L'air initial ayant servi à l'étude des échanges gazeux à l'obscurité avait la constitution suivante :

$$\text{CO}^2 = 0 \text{ o/o}$$

$$\text{O} = 20,63 \text{ o/o}$$

$$\text{A} = 79,37 \text{ o/o}$$

Le tableau suivant indique les modifications apportées par les graines dans la constitution du gaz qui les entourait. Les résultats ont été rapportés à une durée de une heure et d'une part à une graine, d'autre part à 1 gramme de poids sec.

Le volume final de gaz étant plus petit que le volume initial, pour déterminer les proportions des gaz absorbés ou dégagés, on n'a pas simplement retranché les quantités de chacun des gaz analysés au commencement et à la fin des expériences, on a rapporté les quantités d'anhydride carbonique et d'oxygène à une proportion d'azote égale à la proportion finale.

1. MM. Bonnier et Mangin : *Nouvel appareil pour l'analyse du gaz*. (Rev. génér. bot. de France, 1891, p. 97).

	Échanges gazeux rapportés à une graine pendant une heure			Échanges gazeux rapportés à 1 gramme de poids sec			Rapport	
	Échanges gazeux à la lumière	Échanges gazeux à l'obscurité	Assimilation	Échanges gazeux à la lumière	Échanges gazeux à l'obscurité	Assimilation	Respiration	Assimilation
Graine verte (Poids sec : 0,712)	CO ² abs. 0,182 O dég. 0,195	CO ² élim. 0,080 O abs. 0,088	CO ² abs. 0,102 O dég. 0,107	CO ² abs. 0,255 O dég. 0,274	CO ² élim. 0,112 O abs. 0,123	CO ² abs. 0,143 O dég. 0,151	CO ² O = 0,90	0 CO ² = 1,04
Graine blanche (Poids sec : 0,716)	CO ² élim. 0,074 O abst. 0,081	CO ² élim. 0,080 O abs. 0,088	CO ² abs. 0,006 O dég. 0,007	CO ² élim. 0,103 O abs. 0,113	CO ² élim. 0,111 O abs. 0,122	CO ² abs. 0,008 O dég. 0,009	CO ² O = 0,90	0 CO ² = 0,001

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Dans ce travail sur le Néflier du Japon (*Eriobotrya japonica*), j'ai étudié particulièrement les points suivants : morphologie du fruit et de la graine ; structure anatomique du fruit, de la graine et de l'embryon ; morphologie et anatomie de la plantule en voie de germination ; enfin, j'ai fait quelques recherches physiologiques sur le verdissement de l'embryon pendant la maturation de la graine.

Au point de vue morphologique, en ce qui concerne les fruits et les graines, mes recherches ont montré qu'il existe une relation entre la position des graines et la forme du fruit : la face dorsale de la graine se trouve toujours vers la partie la plus renflée du fruit, qui est du côté opposé à l'axe de l'inflorescence. Ce fait général peut se vérifier facilement, lorsqu'il n'y a pas plus de trois graines dans le fruit.

Les graines du Néflier du Japon ont normalement un embryon à deux cotylédons, mais il arrive très souvent que le nombre des cotylédons est de 3, 4, 5, 6 et très rarement de 7.

Chaque fruit étant composé de cinq carpelles formant cinq loges, et chaque loge contenant deux ovules, il devrait avoir dix graines par fruit ; mais, par suite de l'avortement de beaucoup d'ovules, il ne reste en définitive qu'un nombre restreint de graines, le plus souvent deux graines seulement. Lorsqu'on trouve plus de deux graines, l'une d'elles est normalement plus développée que les autres, et cette graine plus grande se trouve toujours placée du côté du fruit qui est opposé à l'axe de l'inflorescence.

D'une manière générale, la structure anatomique du fruit et de son pédoncule ne présente rien de particulier ; il n'en est pas de même en ce qui concerne l'anatomie du tégument de la graine ; dans sa partie basilaire, là où la coloration verte de la graine est plus intense, le tégument présente un nombre d'assises cellulaires deux fois moindre que partout ailleurs.

J'utiliserai un peu plus loin cette remarque lorsque je parlerai des conclusions physiologiques de ce travail.

Un autre fait intéressant est la déchirure qui se produit assez souvent dans ce même tégument pendant la maturation du fruit. Ce fait curieux est surtout fréquent lorsque le fruit contient un assez grand nombre de graines.

Dans l'anatomie de l'embryon il n'y a rien de très spécial au point de vue de la structure des

cotylédons ; mais si l'on considère la partie de l'embryon qui se trouve au-dessous de l'insertion des cotylédons, et qui se compose d'un axe hypocotylé très court (ne dépassant guère 2 millimètres de longueur) et de la radicule beaucoup plus allongée, on constate que la structure et la disposition des tissus vasculaires ne coïncide pas avec le collet, c'est-à-dire avec la séparation de l'axe hypocotylé et de la radicule.

En effet, le passage de la structure racine à la structure tige, se produit presque exclusivement dans la radicule très au-dessous du collet.

En outre au moment où par suite de la double inversion et du rapprochement des faisceaux ligneux, on observe la structure tige, les deux faisceaux libéro-ligneux alors formés passent presque immédiatement dans les cotylédons.

Quant à la gemmule elle est vascularisée par un tissu libéro-ligneux tout différent, qui se raccorde par sa base aux deux faisceaux cotylédonaires.

Les détails anatomiques du passage de la structure racine à la structure tige présentent des particularités intéressantes qui sont plus faciles à observer dans une plantule qui commence à germer, que dans l'embryon de la graine.

Si nous prenons, par exemple, une plantule âgée de quatre jours environ, nous pourrons nous rendre compte des modifications de cette structure en faisant une série de coupes depuis l'extré-

mité inférieure de la racine jusqu'au niveau des cotylédons.

A une certaine distance du sommet de la racine, on voit dans le cylindre central quatre faisceaux libériens qui alternent avec quatre faisceaux ligneux centripètes.

Un peu plus haut, on observe que deux faisceaux ligneux voisins se rapprochent déjà l'un de l'autre, alors qu'aucun changement sensible ne s'est encore manifesté dans la disposition des deux autres faisceaux ligneux.

Un peu plus haut, les deux premiers faisceaux ligneux dont je viens de parler se sont accolés l'un à l'autre, tout ayant tourné, chacun d'un angle, d'environ 160 degrés, de manière que leurs deux pôles ligneux (c'est-à-dire les régions où se trouvent les faisceaux les plus petits et les premiers formés) sont reportés vers le centre; de cette façon, on voit qu'il va se former plus haut une seule masse ligneuse centrifuge accolée à l'intérieur du liber primaire. A ce niveau, les deux autres faisceaux ligneux commencent seulement à se rapprocher l'un de l'autre, et ce n'est qu'à un niveau plus élevé qu'à la suite de leur double torsion et de leur accollement, ils finiront par constituer la partie ligneuse du second faisceau libéro-ligneux. Pendant que s'effectuent tout ces changements dans le tissu du bois, les quatre faisceaux libériens primitifs sont toujours restés dans la même position.

En somme, vers le collet, le cylindre central présente en coupe transversale deux faisceaux libéro-ligneux qui se rendront dans les cotylédons alternant avec deux faisceaux libériens qui vont rejoindre latéralement les formations libériennes des deux autres faisceaux, et qui seront plus haut, en continuité avec les formations libéro-ligneuses de la gemmule. On constate donc ce fait très remarquable que les deux cotylédons qui semblent parfaitement égaux dans leur structure, ont en réalité chacun un faisceau libéro-ligneux dont l'origine basilaire est très inégalement profonde.

Avant de passer dans les cotylédons, les deux faisceaux libéro-ligneux modifient leur forme : ils se présentent en coupe transversale, sous l'aspect de deux croissants tournés l'un vers l'autre puis, vers l'insertion des cotylédons, ces deux croissants sont réunis par leurs pointes, à ce niveau, les deux faisceaux libériens s'étalent et s'accolent à la masse libéro-ligneuse qui réunit les deux faisceaux cotylédonaires.

Le cylindre central offre alors une structure libéro-ligneuse annulaire symétrique par rapport à deux plans perpendiculaires ; les deux masses libéro-ligneuses les plus considérables, opposées l'une à l'autre, se rendent dans les cotylédons tandis qu'un grand nombre de petites formations libéro-ligneuses (auxquelles se sont réunis les prolongements des deux faisceaux libériens qui étaient restés isolés au sommet de la racine) vont consti-

tuer plus haut le jeune anneau vasculaire qui se trouve dans le cylindre central, à la base de la gemmule.

Les graines du Néflier du Japon verdissent à l'intérieur du fruit pendant la maturation. M. Ernst pensait que la lumière ne peut avoir aucune influence sur ce verdissement intérieur du fruit, et M. Lopriore, en faisant l'examen spectroscopique de cette substance, n'a obtenu que des résultats négatifs. Deux questions devaient donc se poser : la première de savoir si cette substance verte est de la chlorophylle, la seconde de chercher si la lumière joue un rôle dans la formation de cette substance verte.

En examinant au spectroscope le pigment en formation, j'ai pu déterminer nettement la bande caractéristique de la chlorophylle située entre les raies B et C de Fraunhofer. De plus, j'ai démontré que le tissu vert qui renferme ce pigment est capable d'assimiler le gaz carbonique de l'air en dégageant de l'oxygène.

D'autre part, j'ai fait voir par des expériences variées, qu'une partie de la lumière peut traverser le péricarpe pour arriver jusqu'aux graines. L'intensité lumineuse de ces radiations pénétrant jusqu'à l'intérieur du fruit est très faible ; mais cette faible lumière suffit pour expliquer le développement du pigment vert, comme le prouvent par exemple l'observation suivante : le verdisse-

ment est plus accentué dans la région basilaire des graines, précisément là où la structure anatomique nous a révélé que les assises cellulaires sont deux fois moins nombreuses que partout ailleurs dans le tégument.

L'une des expériences les plus caractéristiques consiste à substituer, dans le fruit jeune aux graines non encore verdies, des grains de Blé en germination ; j'ai constaté qu'alors, les feuilles de Blé verdissent néanmoins dans ces conditions, c'est-à-dire sous l'influence de la très faible lumière arrivant sur cette jeune feuille à travers le péri-carpe ; car dans les expériences témoins, faites à l'obscurité les graines ne verdissent pas.

Il résulte des faits précédents que le pigment vert qui colore les graines du Néflier du Japon, à l'intérieur du fruit, est bien une chlorophylle et se forme sous l'influence de la lumière.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- Arbomont.* — Production de la chlorophylle dans l'obscurité. Bull. Soc. bot. franç., 1880.
- Atsusuke.* — Les Fonctions de la chlorophylle. Thèse, 1886.
- Balland.* — Note sur la présence de l'acide cyanhydrique dans les semences du néflier du Japon. Jour. Pharm. et Chim. Paris, 1876.
- Belzung.* — Chlorophylle et ses fonctions. Thèse de Paris, 1857.
- Bœhm.* — Über die Physiologischen Bedingungen der Chlorophyllbildung. Sitzungsbericht der Kais. Akad. des Wiss. Wien., 1865.
- Bonnier et Mangin.* — Influence de la lumière sur la respiration. Extrait des Ann. Scienc. natur. bot., 1886.
- Tissus verts à l'obscurité. Ext. Ann. Scienc. nat. bot., 1884.
 - Nouvel appareil pour l'analyse du gaz. Rev. gén. bot. de France, 1891, p. 97.
 - L'assimilation chlorophyllienne séparée de la respiration. Ann. Sc. nat. bot., 1886.
- Bouillac.* — Sur la Végétation d'une plante verte à l'obscurité absolue. C. R. Acad., 31 mai 1898.
- Boorsma.* — W. G. Buitenzorg. Bull. Inst. bot., 1904, p. 25-26.

- Borkhausen.* — *Mespilus*. Archiv. für die Botanik. Leipzig, 1796.
- Borodine.* — Recherches physiologiques sur la respiration des tiges et feuilles. Mémoire de l'Acad. de Saint-Petersbourg, t. IV, 1881.
- Breuil (du).* — Néfier. Rev. hort., 1876, p. 70.
- Burgerstein.* — Über das Verhalten der Gymnospermenkeimlinge im Lichte und im Dunkeln. Ber. d. d. bot. Ges. Bd.. 18, 1900.
- Cahours.* — Recherches sur la respiration des fruits. C. R. Ac. Sc., 1864.
- Candolle (De).* — Physiologie végétale.
- Cavara.* — Intorno agli effetti dell'azione irritante delle cocciniglie sui tessuti assimilatori. Boll. ort. bot. Napoli, 1908.
- Certreux.* — Le Néflier du Japon, brochure. Alger, 1878.
- Césalpin.* — De plantis libri, 1583.
- Chateau.* — *Mespilus*. Bull. Soc. bot., 1905, p. 383.
- Chauveaud.* — Sur la structure des plantes vésiculaires, brochure, 14 janvier 1901.
- Couverchel.* — Mémoire sur la maturation des fruits. Ann. de Chim. et Phy., 1830.
- Dehnecke.* — Ueber nicht Assimilierende Chlorophyll Kerner. Diss Boun., 1880.
- Déhérain.* — Nouvelles recherches sur la germination. Ann. Agrom., 1875.
- Desportes.* — Fructification. Rev. Hortic., 1886, p. 335.
- Eynard.* — Examen chimique de la sève de l'Eriobotrya Japonica. Jour. Pharm. Chim., 1890, p. 192.
- Ernst.* — Das Ergrünen der Samen von Eriobotrya Japonica. Central Blatt. Botanisches, 1906.
- Etard.* — Les chlorophylles. Ann. de Chimie et de Physiol., 1898.
- Hahault.* — Sur la présence de la matière verte dans les

- organes actuellement soustraits à l'influence de la lumière. Bull. Soc. bot. de France, 1879.
- Gautier (A).* — Chimie biologique.
- Gérard.* — Recherches sur le passage de la racine à la tige. Thèse, 1881.
- Giraud.* — Culture du Néflier du Japon. Rev. hortic., 1866, p. 389.
- Griffon.* — Assimilation chlorophyllienne et structure des plantes. Collection Scientia.
- Guignard.* — Recherches sur le sac embryonnaire des angiospermes. Ann. Scienc. nat. bot., 1882.
- Guillard.* — Sur la moelle des plantes ligneuses. Ann. Sc. nat., 1847, p. 324.
- Humboldt (de).* — Gren's Journ. de Physiologie. Ann., 1792, p. 196.
- Jaillard.* — A propos de l'acide cyanhydrique dans le noyau de la Nèfle du Japon. Journ. Pharm. et Chim., 1876, p. 394.
- Jumelle (Henri).* — Nouvelles recherches sur l'assimilation et la transpiration chlorophylliennes. Rev. génér. bot., 1891, p. 241.
- Kraus.* — Ueber Künstsliche Chlorophylerzeugung in lebenden Pflauzen bei. Lichtabsehlens. Landw. Vers. Stat., 1877, p. 415.
- Laurent.* — Recherches sur la nutrition carbonée des plantes vertes à l'aide de matières organiques. Rev. génér. de Bot., 1903.
- Lefèvre.* — Sur le développement des plantes à chlorophylle à l'abri du gaz carbonique de l'atmosphère dans un sol amidé à dose non toxique. Rev. gén. de Bot., 1906.
- Lindley.* — Eriobotrya. Tran. Linnean. Society, 1821.
- Linné.* — Species Plantarum Stockholm, 1753.
- Loyacono.* — Rendiconti del congresso botanico internazionale tenutosi a Palermo. Maggio, 1902, p. 137.

- Lonay*. — Analyse coordonnée des travaux, relative à l'anatomie des téguments séminaux. Mém. Soc. Scienc. du Hainaut. Mons, 1905.
- Lopriore*. — Studi Anatomico-Fisiologici sui semi del nespolo del Giappone. Atti dell' Accademia Gioenia di Scien. nat. di Catania, 1906.
- Lubimenko*. — Influence de la lumière sur le développement des fruits d'Acer pseudoplatanus. Rev. génér. Bot., 1907.
- Lutz*. — Graines contenant de l'acide cyanhydrique. Soc. bot. de France. Bull. 1897, p. 263.
- Mazé et Perrier*. — L'assimilation de quelque substance ternaire par les végétaux à chlorophylle. Ann. Inst. Pasteur, 1904.
- Mesnard*. — Sur la transformation que subissent les substances de réserve pendant la germination des graines. Bull. Soc. bot. France, 1893, p. 35.
- Mohl*. — Ein Beitrag zur Geschichte der Keimung. Bot. Zert., 1861.
- Moissan*. — Sur les volumes d'oxygène absorbé et l'acide carbonique émis dans la respiration végétale. Ann. Agrom., 1879.
- Moliseck*. — Notiz über das Verhalten von Ginkgo biloba im Zeustern. Bot. Zechchr., 1889.
- Molliard*. — Culture pure des plantes vertes dans une atmosphère confinée en présence de matières organiques. Comp. rend. Acad. des Sc., 1905.
- Montemartini*. — Note di fisiopatologia vegetale. Atti. R. Ist. bot. Pavia, 1904.
- Nicolas (G.)*. — Recherches sur la respiration des organes végétatifs des plantes vasculaires. Thèse, 1909.
- Palladine*. — Sur l'intensité de la respiration des feuilles vertes et étoilées. Rev. génér. Bot., 1893, p. 449.
- Péchoutre*. — Contribution à l'étude du développement de

- l'ovule et de la graine de Rosacées. Thèse. Ann. Sc. nat., 1902.
- Pée-Laby*. — Recherches sur l'anatomie comparée des cotylédons et des feuilles des cotylédonées. Thèse de Toulouse, 1892, p. 302.
- Petty*. — *Mespilus S. L.* Naturalist. London, 1901, p. 302.
- Pfeffer* (W.). — Physiologie végétale. Traduction par M. Friedel, 1906.
- Rudolfi*. — Del Nespolo del Giappone. Gior. Ag. Toscano, 1827, p. 331.
- Sachs*. — Traité de Physiologie végétale.
— Uber das Vorhandensein eines farblosen Chlorophyllo in Oelfruchtsamen. Lotos IX, Jahreg., 1859.
- Sénequier*. — Encyclopédie méthodique et Physiologie végétale.
- Schmit*. — Ueber einige Wirkungen des Lichts auf Pflanzen. Breslau, 1870.
- Tenore*. — Orto Botanico di Napoli, 1845, p. 85.
- Theophrastus*. — De Historia Plantarum.
- Thunberg*. — *Mespilus Japonica*. Flora Japonica, 1784.
- Tournefort*. — *Mespilus institutione rei herbaria*. Paris, 1700.
- Van Tieghem et Bonnier*. — Recherches sur la vie ralentie et la vie lente. Bull. Soc. bot de France, 1880.
- Van Tieghem*. — Anatomie de la Rose, et en général caractères anatomiques des axes invaginés. Extrait du Bull. Soc. bot de France, 1878.
- Vries* (de). — Die Mutationstheorie. Tricotylen, und Tetraotylen Bd. Leipzig, 1903.
- Yabe*. — *Eriobotrya*. Eokyo. bot. Mag., 1904, p. 7.
-

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	5
HISTORIQUE.....	9
CHAPITRE I. — Morphologie externe.....	13
(Fruits, graines.)	
CHAPITRE II. — Anatomie.....	27
(Pédoncule, fruit, graine, tégument, plantes issues de germination.)	
CHAPITRE III. — Physiologie.....	47
(Pigment vert des graines.)	
RÉSUMÉ ET CONCLUSION.....	72
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.....	79

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

ZOOLOGIE. — Hématozoaires, leur développement, leur genre de vie et leur rôle dans la nature.

GÉOLOGIE. — Les Géosynclinaux.

Vu et approuvé :

Paris, 31 mai 1910

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

PAUL APPELL

Vu, et permis d'imprimer :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris.

Pour le Vice-Recteur, l'Inspecteur de l'Académie,

CHASSAGNY

